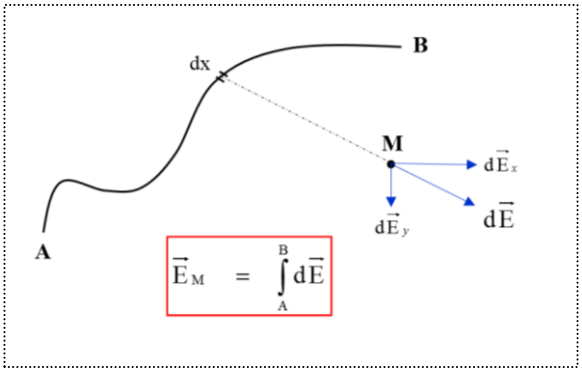
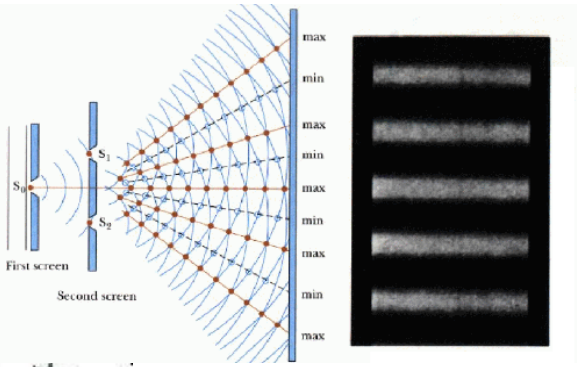
ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 2

ĐIỆN – QUANG





Hà Nội 24/08/2014

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 2

ĐIỆN – QUANG

SINH VIÊN : HOÀNG VĂN TRỌNG
LỚP : K54 Địa lý
QUÊ QUÁN : Giao Thủy – Nam Định
ĐIỆN THOẠI : 0974 971 149
EMAIL : hoangtronghus@gmail.com

Hà Nội 24/08/2014

Lời chia sẻ

Điện – Quang là môn học thuộc "Khối kiến thức cơ bản chung của nhóm ngành" và các ngành đào tạo của trường ĐHKHTN, ĐHQGHN đều học môn học này.

Nội dung của Điện – Quang gồm 2 phần chính có liên quan chặt chẽ với nhau:

+ Điện học (bao gồm Điện và Từ)

+ Quang học (tính chất sóng và tính chất hạt của ánh sáng)

Trong phần Điện học là những nội dung cơ bản về trường điện và trường từ. Trước hết, cần nắm được các khái niệm, hiểu và nhớ các định luật để giải quyết các bài tập liên quan – đây là điều kiện cần. Để tiếp thu kiến thức của môn học bớt khó khăn thì cần phải xem lại những kiến thức liên quan tới môn Toán như: đạo hàm – vi phân, tích phân hàm một biến (môn Giải tích 1 – giáo trình Toán học cao cấp tập 2), tích phân hàm nhiều biến (môn Giải tích 2 – giáo trình Toán học cao cấp tập 3), lý thuyết trường về toán tử rot, toán tử div,…

Các định luật phát biểu cho điện tích điểm, hạt cơ bản, yếu tố dòng,….nhưng bài toán lại cần tìm giá trị tổng hợp. Vì thế, trong quá trình vận dụng lý thuyết vào bài tập thì thường gặp khó khăn do liên quan đến phép tính tích phân mà cụ thể là đi tìm biểu thức dưới dấu tích phân.

Bản chất của phép lấy tích phân chỉ là phép cộng: cộng vô số các số hạng trong đó mỗi số hạng có giá trị vô cùng nhỏ: $\int_a^b f(x)\,dx = \lim_{n\to\infty}\sum_{i=1}^{n}\frac{b-a}{n}f(x_i)$

Ta sử dụng tích phân khi có một hoặc nhiều yếu tố biến đổi, ví dụ điện trường do các điện tích ở vị trí khác nhau là khác nhau, các điện tích phân bố liên tục. Muốn tìm biểu thức dưới dấu tích phân thì phải xác định giá trị (ví dụ điện trường) do một yếu tố vi phân vô cùng nhỏ gây nên sau đó lấy tích phân để cộng các giá trị đó lại với nhau. Ngoài ra, biểu thức dưới dấu tích phân có thể xuất hiện véctơ tức là chiều của các véctơ thay đổi theo từng yếu tố vi phân. Nếu có 1 yếu tố biến đổi thì ta có tích phân của hàm 1 biến, nếu có 2 yếu tố biến đổi thì ta có tích phân mặt, nếu có 2 yếu tố biến đổi mà biến số này là hàm của biến số kia thì có thể đưa về tích phân đường,…

Ngoài ra, một số định lý và định luật còn được thể hiện dưới dạng vi phân và liên quan tới toán tử rot, toán tử div: định lý O – G trong điện trường, từ trường; định luật Faraday về hiện tượng cảm ứng điện từ, định luật Ampere về dòng toàn phần, các phương trình của Maxwell. Vì vậy cần phải hiểu được rot và div:

$$\mathrm{rot}\,\vec{E} = \lim_{S\to 0}\frac{\oint_L \vec{E}\vec{dl}}{S}$$

(trong đó S là diện tích giới hạn bởi đường cong kín L)

$$\mathrm{div}\,\vec{E} = \lim_{V\to 0}\frac{\oint_S \vec{E}\vec{dS}}{V}$$

(trong đó V là thể tích giới hạn bởi mặt kín S)

Một vấn đề nữa là khi xác định chiều theo quy tắc bàn tay phải thì thường bị gượng tay. Các bạn có thể thay bằng quy tắc vặn đinh ốc cho dễ tưởng tượng, với quy ước: vặn đinh ốc xoay theo chiều kim đồng hồ thì đinh ốc sẽ chuyển động tịnh tiến về phía trước và ngược lại.

Phần Quang học cũng chứa nhiều nội dung tương ứng với lịch sử phát triển của nó. Trong khuôn khổ của môn học và cũng để phục vụ cho thi kết thúc môn, chúng ta nên tập trung vào bản chất sóng của ánh sáng (giao thoa, nhiễu xạ, phân cực) và lượng tử ánh sáng (các định luật bức xạ của vật đen tuyệt đối, hiện tượng quang điện, hiệu ứng Compton). Nhìn chung, bài tập trong phần Quang thì khó hơn phần Điện.

File này cấu trúc như sau: đối với mỗi phần thì đầu tiên là tóm tắt lý thuyết với các công thức quan trọng được bao quanh bởi viền màu đỏ, sau đó là áp dụng lý thuyết vào giải một số bài toán liên quan. Cuối file có giới thiệu một số đề thi cuối kỳ và kiểm tra giữa kỳ. Cần hiểu và ghi nhớ những nội dung lý thuyết cơ bản, cách xây dựng công thức,…vì chúng sẽ xuất hiện trong bài thi kết thúc môn học.

♥ Trên đây là chút kiến thức ít ỏi mà mình muốn chia sẻ cùng các bạn. Do hạn chế nhận thức về môn học nên chắc chắn còn nội dung nào đó viết chưa đúng hoặc chưa đầy đủ, rất mong các bạn thông cảm và góp ý để mình chỉnh sửa thêm.

Mọi thắc mắc xin gửi về địa chỉ email: hoangtronghus@yahoo.com.vn hoặc hoangtronghus@gmail.com

Hoàng Văn Trọng

MỤC LỤC

PHẦN I: ĐIỆN HỌC 8
A. LÝ THUYẾT 8
1. Điện trường 8
a. Điện tích 8
b. Định luật Coulomb 8
c. Điện trường 9
d. Đường sức điện trường 9
e. Nguyên lý chồng chất điện trường 9
2. Định lý Ostrogradski – Gauss (O – G) 10
a. Thông lượng điện trường 10
b. Định lý O – G 10
3. Điện thế 10
a. Công của lực tĩnh điện 10
b. Tính chất thế của trường tĩnh điện 11
c. Thế năng của một điện tích trong điện trường 11
d. Điện thế - Hiệu điện thế 11
e. Mặt đẳng thế 12
g. Mối liên hệ giữa điện thế và cường độ điện trường 12
4. Năng lượng điện trường 13
a. Năng lượng tĩnh điện của vật dẫn 13
b. Năng lượng của tụ điện 13
c. Năng lượng và mật độ năng lượng điện trường 14
5. Dòng điện 14
a. Dòng điện. Mật độ dòng điện 14
b. Phương trình liên tục 15
c. Lực lạ 15
6. Từ trường 15
a. Định luật Ampere về tương tác từ giữa hai yếu tố dòng cơ bản 15
b. Từ trường 16
c. Định luật Biot – Savart – Laplace 16
d. Lực tác dụng của từ trường lên dòng điện 16
7. Định luật Ampere về dòng toàn phần và ứng dụng 17
a. Định luật Ampere về dòng toàn phần 17
b. Ứng dụng của định luật Ampere về dòng toàn phần 17
c. Định lý Ostrogradski – Gauss trong từ trường 18
8. Lực Lorentz – Hiệu ứng Hall 18
a. Lực Lorentz 18
b. Hiệu ứng Hall 18
9. Các định luật về cảm ứng điện từ 19
a. Định luật Faraday 19
b. Định luật Lenz 19
10. Hiện tượng hỗ cảm và hiện tượng tự cảm 19
a. Hiện tượng hỗ cảm 19
b. Hiện tượng tự cảm 20
11. Năng lượng từ trường 20
a. Năng lượng từ trường 20
b. Mật độ năng lượng từ trường 20

12. Hệ phương trình Maxwell và hệ quả 20
B. BÀI TẬP 22
Bài 1: Điện trường của điện tích điểm 22
Bài 2: Điện thế của điện tích điểm 23
Bài 3: Điện trường của lưỡng cực điện 23
Bài 4: Điện thế của lưỡng cực điện 25
Bài 5: Điện trường và điện thế của dây dẫn thẳng dài tích điện 25
Trường hợp 1: M nằm trên đường trung trực của sợi dây và cách trung điểm của sợi dây một khoảng là z. Xét trường hợp đặc biệt khi a → ∞ 26
Trường hợp 2: M nằm trên đường thẳng AB và cách trung điểm O một khoảng là z 28
Trường hợp 3: M nằm trên đường thẳng vuông góc với một đầu của sợi dây và cách đầu sợi dây một khoảng là z 30
Trường hợp 4: M nằm trên đường thẳng vuông góc với sợi dây tại điểm cách đầu sợi dây một khoảng là h, M cách sợi dây một khoảng là z. Đây là trường hợp tổng quát cho 3 trường hợp ở trên. 32
Bài 6: Điện trường và điện thế của vòng dây tròn tích điện 34
Trường hợp 1: Vòng dây tròn tâm O bán kính R, tích điện q, mật độ điện dài là λ. Điểm M nằm trên trục của vòng dây và cách O một khoảng là z. Xét trường hợp đặc biệt khi z bằng 0. 34
Trường hợp 2: Một ống hình trụ rất mỏng có chiều cao h, tích điện dương với mật độ điện mặt là σ. Điểm M nằm trên trục của hình trụ và cách tâm của mặt đáy một khoảng là z 36
Trường hợp 3: Bán cầu rỗng có bán kính R, tích điện dương với mật độ điện mặt σ. Điểm M nằm tại tâm của bán cầu. 37
Bài 7: Điện trường và điện thế của đĩa tròn tích điện 40
Trường hợp 1: Đĩa tròn tâm O bán kính R, tích điện dương với mật độ điện mặt σ. Điểm M nằm trên trục của đĩa và cách O một khoảng là z. Xét trường hợp đặc biệt khi z >> R và khi R → ∞ 40
Trường hợp 2: Hình trụ đặc bán kính R, tích điện dương với mật độ điện khối là ρ. Điểm M nằm trên trục của khối trụ và cách tâm của mặt đáy một khoảng là z. 42
Bài 8: Xác định véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do một dây dẫn thẳng dài có dòng I chạy qua tại điểm M cách dây một khoảng là z. 45
Bài 9: Xác định véctơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do một dòng điện tròn tâm O bán kính R, cường độ I gây ra tại điểm M nằm trên trục của vòng dây tròn và cách O một khoảng là z. Tìm cảm ứng từ tại tâm O của vòng dây tròn. 47
Bài 10: Nửa vòng dây dẫn điện bán kính R = 0,49m và khối lượng m = 250g, có dòng điện I = 25A chạy qua (hình vẽ). Hỏi cần một từ trường $\vec{B}$ có hướng và độ lớn như thế nào để nửa vòng dây trên lơ lửng trong không gian. 48
Bài 11: Một dây cáp đồng trục có đường kính trong d_1 = 2mm vỏ ngoài bọc chì đường kính d_2 = 8 cm, ở giữa lõi và vỏ bọc là chất điện môi có hằng số điện môi ε = 3. Trong lõi và vỏ bọc tích điện trái dấu nhau với mật độ điện dài $\lambda = 3{,}14.10^{-4}$ C/m. Hãy xác định cường độ điện trường tại các điểm cách trục một khoảng: 49
(a) r_1 = 3 cm. 49
(b) r_2 = 10 cm. 49
Bài 12: Cho quả cầu không dẫn điện tâm O, bán kính R = 15 cm được tích điện đều với mật độ điện tích khối $\rho = 1{,}699.10^{-7}$ C/m^3, được đặt trong chân không. 51
(1) Xác định cường độ điện trường tại điểm M cách tâm O một đoạn: (a) r_1 = 10 cm; (b) r_2 = 30 cm. 51
(2) Lấy điện thế tại vô cùng bằng 0. Xác định điện thế tại P cách tâm 20 cm. 51

Bài 13: Một quả cầu kim loại tâm O, bán kính R = 15 cm. Lấy điện thế tại vô cùng bằng 0, tích điện cho quả cầu đến hiệu điện thế 1500V. Hãy xác định: 54
(a) Điện tích và mật độ điện tích trên mặt quả cầu. 54
(b) Cường độ điện trường, hiệu điện thế tại các điểm M và N lần lượt cách tâm O một khoảng là 5 cm và 45 cm. 54
(c) Mật độ điện trường tại các điểm M, N. 54
Bài 14: Một dòng điện thẳng dài vô hạn có dòng điện không đổi 1A chạy qua. Một khung dây hình chữ nhật ABCD đặt trong mặt phẳng đi qua dòng điện. Cho cạnh AB = 30cm, BC = 20cm. Đoạn AB song song với dòng điện, cách dòng điện 10cm. Hãy xác định từ thông đi qua cuôn dây. Cho hằng số từ thẩm của môi trường bằng 1. 55
Bài 15: Một dây tích điện liên tục nằm dọc theo trục Ox từ điểm $x = x_0$ đến $+\infty$. Mật độ điện tích dài trên dây là λ_0. Tính cường độ điện trường và điện thế tại gốc tọa độ O. ... 56
Bài 16: Một thanh dẫn hình trụ, khối lượng 0.72 kg, bán kính tiết diện 6 cm, có dòng điện I = 48A chạy qua theo chiều mũi tên, nằm trên hai thanh ray có độ dài L = 45 cm đặt song song và cách nhau một khoảng d = 12 cm. Toàn bộ hệ được đặt trong một từ trường đều có độ lớn 0.24 T, hướng vuông góc với mặt phẳng chứa thanh dẫn và thanh ray. Thanh dẫn đứng yên ở một đầu của ray và bắt đầu lăn không trượt theo ray. Tính tốc độ của thanh dẫn tại thời điểm rời khỏi đầu kia của ray. 58
Bài 17: Một dây dẫn được uốn như hình vẽ, có dòng I = 5A chạy qua. Bán kính cung tròn là R = 3 cm. Xác định độ lớn và hướng của cảm ứng từ tại tâm của cung tròn. 59
Bài 18: Một solenoid với n = 400 vòng/m có dòng điện biến thiên $I = 30(1 - e^{-1.6t})$ A chạy qua. Một cuộn dây có tổng cộng N = 250 vòng, bán kính 6cm được đặt đồng trục vào trong lòng của solenoid. Tìm suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây. 60
Bài 19: Một thanh dài 14 cm được tích điện đều, có diện tích tổng cộng là –22 μC. Xác định cường độ điện trường và điện thế tại điểm nằm trên trục thanh, cách trung điểm của thanh một khoảng là 36 cm. 61
Bài 20: Một thanh dẫn điện có mật độ khối lượng là 0.04 kg/m, được treo bằng hai sợi dây dẫn mềm cho dòng điện I chạy qua, đặt trong từ trường B_{in} = 3,6 T, hướng vuông góc vào trong mặt phẳng. Dòng điện I phải có hướng và độ lớn như thế nào để không có sức căng trên các dây treo. 63
Bài 21: Một dây dẫn gồm vòng dây tròn có bán kính R và hai đoạn dây thẳng, dài, nằm trong cùng một mặt phẳng. Dây dẫn có dòng điện I = 7A chạy qua theo chiều mũi tên (hình vẽ). Tìm biểu thức của véctơ cảm ứng từ tại tâm của vòng dây. 64
Bài 22: Một cuộn có 15 vòng dây, bán kính R = 10 cm, được cuốn quanh một solenoid có bán kính 2 cm và n = 1000 vòng/m. Dòng điện chạy trong solenoid theo chiều mũi tên (hình vẽ) và biến thiên theo quy luật I = 5sin(120t) A. Tìm biểu thức của suất điện động cảm ứng trong cuộn có 15 vòng dây. 65
Bài 23: Một quả cầu đặc, bán kính 40 cm, tích điện đều trong toàn bộ thể tích với điện tích tổng cộng là $+26\mu$C. Tìm độ lớn và hướng của cường độ điện trường tại những vị trí cách tâm quả cầu một khoảng: 66
(a) 0 cm. 66
(b) 10 cm. 66
(c) 40 cm. 66
(d) 60 cm. 66
Bài 24: Một thanh có độ dài L nằm dọc theo trục x (hình vẽ). Đầu bên trái của thanh được đặt tại gốc tọa độ. Thanh được tích điện không đều với mật độ điện tích dài là $\lambda = \alpha$.x (α là một hằng số dương). 68
(a) Đơn vị của α là gì. 68
(b) Tìm điện thế tại điểm M cách gốc tọa độ một khoảng d. 68

Bài 25: Bốn dây dẫn thẳng song song dài vô hạn có cùng dòng điện I = 5A (hình vẽ). Các dòng điện A và B hướng vuông góc vào trong mặt phẳng hình vẽ. Các dòng C và D hướng vuông góc ra bên ngoài mặt phẳng hình vẽ. Tìm độ lớn và hướng của cảm ứng từ $\vec{B}$ tại điểm M nằm ở tâm hình vuông có cạnh 0,2m. 69
Bài 26: Thanh dẫn có thể trượt không ma sát trên hai ray song song, đặt cách nhau một khoảng l = 1,2m. Toàn bộ hệ được đặt trong từ trường đều có độ lớn B = 2,5T hướng vuông góc vào trong mặt phẳng hình vẽ. 70
(a) Tính lực lực không đổi $\vec{F}_{app}$ cần thiết để trượt thanh dẫn sang phải với tốc độ 2 m/s. 70
(b) Tính công suất tỏa ra trên điện trở R = 6Ω. 70
Bài 27: Một quả cầu không dẫn điện đường kính 8 cm, tích điện đều trong toàn bộ thể tích với điện tích tổng cộng là +5,7μC. Tính điện tích chứa trong các mặt cầu đồng tâm với quả cầu có bán kính. 71
(a) r_1 = 2 cm. 71
(b) r_2 = 6 cm. 71
Tìm độ lớn và hướng của cường độ điện trường tại các mặt cầu đồng tâm đó. 71
Bài 28: Tính cường độ điện trường và điện thế tại điểm P nằm trên trục của bản vành khăn tích điện đều với mật độ điện tích mặt σ (hình vẽ). 72
Bài 29: Một vật dẫn hình trụ dài vô hạn, bán kính R, có dòng điện I chạy qua (hình vẽ) với mật độ dòng J không đều trên tiết diện vật dẫn, J = br (với b là hằng số và r là khoảng cách tính từ trục của hình trụ). Tìm độ lớn cảm ứng từ $\vec{B}$ tại những điểm nằm cách trục hình trụ một khoảng: 74
(a) $r_1 < R$. 74
(b) $r_2 > R$. 74
Bài 30: Thanh dẫn có thể trượt không ma sát trên hai thanh ray song song, đặt cách nhau một khoảng l. Toàn bộ hệ được đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ hướng vuông góc vào trong mặt phẳng hình vẽ. Một lực không đổi có độ lớn $F_{app} = 1N$ làm thanh dẫn trượt đều sang phải với tốc độ 2m/s. Bỏ qua lực ma sát. 76
(a) Tính cường độ dòng điện chạy trong điện trở R = 8Ω. 76
(b) Tính công suất tỏa ra trên điện trở R. 76
Bài 31: Một electrôn chuyển động trên quỹ đạo tròn (hình vẽ) có động năng $E_đ$ = 22,5 eV (1eV = 1,6.10^{-19} J), cảm ứng từ B = 4,55.10^{-4} T. 77
(a) Tính bán kính quỹ đạo điện tử, biết khối lượng electrôn m = 9,1.10^{-31} kg và điện tích q = 1,6.10^{-19} C. 77
(b) Chu kỳ chuyển động của electrôn. 77
Bài 32: Một sợi dây thẳng đặt nằm ngang có dòng I = 28A. Hỏi chiều và độ lớn của từ trường bằng bao nhiêu để nó gây ra một lực cân bằng với trọng lượng của sợi dây. Cho biết khối lượng trên một đơn vị chiều dài của sợi dây là: m/L = 46,6 g/m. 78
Bài 33: Một dây dẫn thẳng được tách thành hai nửa vòng tròn như nhau, có dòng I chạy qua. Xác định cường độ từ trường tại tâm O của vòng tròn. 79
Bài 34: Tính véctơ cảm ứng từ tại tâm C của hình có dạng dưới đây (hình vẽ) khi có dòng I chạy qua. 79
Bài 35: Hai vòng dây dẫn một lớn một nhỏ đặt song song với nhau (hình vẽ). Trong vòng lớn có dòng I đang tăng. Hỏi: 80
(a) Chiều của dòng điện cảm ứng trong cuộn nhỏ. 80
(b) Chiều của lực tác dụng lên cuộn nhỏ. 80
Bài 36: Một dây dẫn thẳng AB, chiều dài l = 1,2m được nối với một nguồn điện có suất điện động ε = 24V bằng một sợi dây mềm (hình vẽ). Điện trở trong của nguồn điện là r

= 0,5 Ω. Dây dẫn AB đặt trong từ trường có véctơ cảm ứng từ B = 0,8T vuông góc với dây dẫn. Điện trở mạch ngoài là R = 2,5Ω. 81
(a) Tìm dòng chạy trong mạch nếu dây chuyển động với vận tốc v = 12,5 m/s. 81
(b) Dòng thay đổi bao nhiêu lần nếu dây dẫn dừng lại. Bỏ qua từ trường do dòng điện gây nên. 81
PHẦN II: QUANG HỌC 82
A. LÝ THUYẾT 82
1. Cơ sở quang hình học 82
2. Giao thoa ánh sáng 83
a. Ánh sáng là một sóng 83
b. Cường độ sáng 83
c. Giao thoa vân không định xứ 84
d. Giao thoa vân định xứ 86
e. Các giao thoa kế 89
3. Nhiễu xạ ánh sáng 90
a. Nguyên lý Hugen – Fresnel 90
b. Nhiễu xạ Fresnel 91
c. Nhiễu xạ Fraunhofer 92
4. Phân cực ánh sáng 96
5. Lượng tử ánh sáng 98
a. Bức xạ nhiệt 98
b. Các định luật bức xạ của vật đen tuyệt đối 98
c. Thuyết lượng tử ánh sáng của Einstein 99
d. Hiện tượng quang điện 100
e. Hiệu ứng Compton 100
B. BÀI TẬP 101
Bài 1: Chiếu chùm ánh sáng trắng xuống bản mỏng có chiết suất n = 1,33 trong không khí với góc tới 60^o, ánh sáng có bước sóng 550nm phản xạ cho cường độ cực đại với bậc giao thoa bằng 2. Hãy xác định bề dày của bản mỏng. Ngoài ánh sáng trên còn ánh sáng đơn sắc nào khi phản xạ cũng cho cường độ cực đại. 101
Bài 2: Trên bề mặt của một quang cụ làm bằng thủy tinh có chiết suất n = 1,7 người ta phủ một lớp trong suốt có chiết suất $n_1 = \sqrt{1,7}$. Hãy xác định bề dày tối thiểu của lớp trong suốt để ánh sáng có bước sóng 550nm không bị phản xạ. Coi ánh sáng chiếu vuông góc. 102
Bài 3: Mặt cầu của thấu kính phẳng lồi tiếp xúc với bản thủy tinh. Bán kính cong của thấu kính là R = 100cm. Chiếu chùm sáng đơn sắc có bước sóng λ = 0,5μm tới vuông góc với bản thủy tính sao cho vân Newton xuất hiện ở mặt trên mặt cong của thấu kính. Cho biết chiết suất của vật liệu làm thấu kính là n_1 = 1,5 và chiết suất của thủy tinh là n_3 = 1,7. 103
a) Hãy xác định bán kính của vân tối thứ 5. 103
b) Không gian giữa thấu kính và bản chứa đầy sulphua cacbon có chiết suất n_2 = 1,63. Hãy xác định bán kính của vân tối thứ 5. 103
Bài 4: Hai tấm thủy tinh dài 120 mm có một đầu chạm nhau còn đầu kia cách nhau 48 μm tạo thành nêm không khí. Chiếu chùm ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ = 0,48 μm xuống vuông góc với mặt dưới của nêm. Hãy xác định: 104
a) Khoảng vân. 104
b) Số vân giao thoa quan sát được. 104
Bài 6: Một nguồn sáng điểm phát ánh sáng đơn sắc bước sóng λ = 0,5μm được đặt trên trục vuông góc đi qua tâm của lỗ tròn truyền sáng, bán kính r = 1 mm, cách lỗ tròn một khoảng a = 1m. Hãy xác định khoảng cách b từ màn đến điểm quan sát để đối với điểm đó lỗ tròn chứa đúng 3 đới Fresnel. 107

Bài 7: Chiếu chùm ánh sáng đơn sắc bước sóng λ = 0,44 μm tới vuông góc với khe hẹp bề rộng a. Trên màn quan sát đặt cách khe hẹp 1m người ta đo được khoảng cách từ cực tiểu nhiễu xạ thứ 2 đến cực đại chính giữa là 50cm. Hãy xác định: 108
a) Góc nhiễu xạ ứng với cực tiểu thứ 2. 108
b) Bề rộng a của khe hẹp. 108
Bài 8: Trong một thí nghiệm nhiễu xạ của sóng phẳng qua một khe hẹp dài vô hạn, bề rộng khe là a = 1200nm, khoảng cách từ màn đến khe hẹp là 1m, ánh sáng có bước sóng 600nm. Lấy chính giữa màn làm gốc, hãy xác định vị trí góc và vị trí trên màn của cực đại phụ và cực tiểu thứ nhất (về phía góc âm) trong các trường hợp khi chùm sáng tới: 109
a) Vuông góc với khe hẹp. 109
b) Tạo với pháp tuyến của khe hẹp một góc 30^o. 109
Bài 9: Chiếu chùm sáng đơn sắc song song bước sóng λ = 0,55 μm tới hai khe hẹp giống nhau có bề rộng a = 0,25mm; khoảng cách hai khe là d = 1,55mm. Màn quan sát cách mặt phẳng chứa hai khe đoạn D = 1m. 110
a) Xác định khoảng cách giữa các cực đại giao thoa. 110
b) Có bao nhiêu vân sáng quan sát được trong cực đại trung tâm của bao hình nhiễu xạ. 110
Bài 10: Chiếu một chùm sáng đơn sắc bước sóng 600nm tới vuông góc với một cách tử có hằng số (chu kỳ) là d = 1900nm và số khe là $N = 10^4$. Sau cách tử đặt một thấu kính hội tụ, màn quan sát đặt ở mặt phẳng tiêu diện của thấu kính. Hãy xác định: 112
a) Vị trí và bề rộng góc của vạch quang phổ bậc 2. 112
b) Trên màn quan sát được bao nhiêu vạch quang phổ. 112
Bài 11: Chiếu chùm ánh sáng phát ra từ nguồn Natri tới vuông góc với cách tử có các thông số như sau: hằng số d = 1900 nm và số khe $N = 10^4$. Natri có hai ánh sáng đơn sắc bước sóng 589 nm và 589,59 nm. Hãy xác định: 114
a) Khoảng cách góc giữa hai vạch quang phổ bậc 2 của hai ánh sáng trên. 114
b) Cách tử có phân biệt được hai vạch quang phổ bậc 1 của hai ánh sáng trên không. Tại sao? 114
Bài 12: Chiếu chùm ánh sáng tự nhiên có cường độ I_o tới hệ gồm kính phân tích A và kính phân cực P. Hãy xác định góc giữa hai quang trục của hai kính P và A để ánh sáng đi qua hệ $I = I_o/8$. Bỏ qua hiện tượng hấp thụ ánh sáng khi qua hai kính. 115
Bài 13: Mắt người thông thường nhạy cảm nhất đối với ánh sáng có bước sóng λ = 550 nm. Hãy xác định nhiệt độ của một hốc đen tuyệt đối để mắt người nhìn rõ nhất ánh sáng do nó phát ra. 116
Bài 14: Phổ bức xạ của mặt trời cực đại ở bước sóng λ_{max} = 480 nm. Coi bề mặt của mặt trời như vật đen tuyệt đối. Hãy xác định nhiệt độ bề mặt và năng suất bức xạ toàn phần của mặt trời. Cho hệ số Stefan – Boltzmann $\sigma = 5{,}67.10^{-8}\ W/m^2K^4$. Hệ số dịch chuyển Wien b = 2898 μm.K. 116
Bài 15: Một nguồn sáng điểm công suất 3W phát ánh sáng đơn sắc bước sóng 589 nm. Hãy xác định số photon đi qua tiết diện $1cm^2$ theo phương vuông góc với phương truyền, cách nguồn 1,75 m. 116
Bài 16: Một photon năng lượng 150 keV tán xạ đàn hồi trên electron tự do đứng yên dưới góc tán xạ 90^o. Cho bước sóng Compton $\lambda = 2{,}42.10^{-12}$ m, $h = 6{,}625.10^{-34}$ J.s, $c = 3.10^8$ m/s. Hãy xác định: 117
a) Năng lượng photon tán xạ. 117
b) Động năng và vận tốc của electron Compton (sau tán xạ). 117
Bài 17: Một photon năng lượng 58 keV tán xạ đàn hồi trên electron tự do đứng yên, sau tán xạ bước sóng photon tăng lên 25%. Hãy xác định: 118
a) Góc tán xạ. 118
b) Bước sóng và năng lượng photon tán xạ. 118

Cho h = 6,625.10^{-34} J.s, c = 3.10^{8} m/s, k = 2,43.10^{-12} m và lấy 1eV = 1,6.10^{-19}J.....118
CÁC BÀI TẬP KHÁC 120
MỘT SỐ ĐỀ THI VÀ KIỂM TRA 127
1. Đề kiểm tra giữa kỳ.....127
1.1 Đề kiểm tra giữa kỳ hè năm 2014, lớp cô Đặng Thị Thanh Thủy (ca 1) 127
1.2 Đề kiểm tra giữa kỳ hè năm 2014, lớp cô Đặng Thị Thanh Thủy (ca 2) 131
1.3 Đề kiểm tra giữa kỳ hè năm 2014, lớp cô Tạ Quỳnh Hoa.....131
2. Đề thi cuối kỳ.....135
2.1 Đề thi cuối kỳ phụ - hè năm 2012 135
2.2 Đề thi cuối kỳ II năm học 2012 – 2013.....137
2.3 Đề thi cuối kỳ phụ - hè năm 2013 139
2.4 Đề thi cuối kỳ I năm học 2013 – 2014 141
2.5 Đề thi cuối kỳ II năm học 2013 – 2014.....148
2.6 Đề thi cuối kỳ phụ - hè năm 2014 151
2.7 Đề thi cuối kỳ I năm học 2014 – 2015 161
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....162

PHẦN I: ĐIỆN HỌC

A. LÝ THUYẾT

1. Điện trường

a. Điện tích

- Là một trong những thuộc tính vật lý cơ bản của vật chất.

- *Định luật bảo toàn điện tích:* Trong một hệ cô lập, điện tích được bảo toàn.

- *Điện tích nguyên tố:* Là điện tích nhỏ nhất được biết trong tự nhiên. Độ lớn:

$e = 1{,}6.10^{-19}$ C (điện tích của electrôn)

- *Phân loại vật chất theo tính chất dẫn điện:*

+ Vật dẫn điện: là vật chất mà các điện tích có thể chuyển động tự do trong toàn bộ thể tích của vật.

+ Vật cách điện: là vật chất trong đó các điện tích không thể chuyển động tự do.

+ Vật bán dẫn: là vật chất chỉ dẫn điện được ở một điều kiện xác định.

b. Định luật Coulomb

- Thể hiện mối quan hệ tương tác giữa hai điện tích điểm đứng yên.

- *Nội dung:*

Lực tương tác giữa hai điện tích điểm có phương nằm trên đường thẳng nối hai điện tích, có chiều là lực hút nếu hai điện tích trái dấu và là lực đẩy nếu hai điện tích cùng dấu, có độ lớn tỷ lệ thuận với tích độ lớn của hai điện tích và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

- *Biểu thức:*

$$\vec{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}.\frac{\vec{r}}{r} \quad (N) \qquad (I.1)$$

Trong đó:

- F là lực tương tác giữa hai điện tích điểm, có đơn vị N.
- q_1, q_2 có đơn vị C.
- r là khoảng cách giữa hai điện tích điểm, có đơn vị m. Véctơ $\vec{r}$ có hướng từ điện tích gây nên tác dụng đến điện tích bị tác dụng.
- k là hằng số tĩnh điện, ε_0 là hằng số điện:

$$\varepsilon_0 = 8{,}85.10^{-12}\left(\frac{C^2}{Nm^2}\right) \quad ; \quad k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}99.10^{9}\left(\frac{Nm^2}{C^2}\right)$$

- Lực Coulomb tuân theo nguyên lý chồng chất: $\vec{F} = \sum_{i=1}^{n}\vec{F}_i$

c. Điện trường

- *Khái niệm:* Điện trường là môi trường vật chất tồn tại xung quanh điện tích và tác dụng lực điện lên điện tích khác đặt trong nó.

- *Véctơ cường độ điện trường:* Cường độ điện trường tại một điểm là một đại lượng véctơ, được đo bằng lực tác dụng của điện trường lên một đơn vị điện tích dương tại điểm đó.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}.\frac{\vec{r}}{r} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.2)$$

+ Hướng của $\vec{E}$ trùng với hướng của lực tác dụng $\vec{F}$ lên q_0

- $\vec{E}$ hướng ra ngoài điện tích điểm nếu $q > 0$.
- $\vec{E}$ hướng vào trong điện tích điểm nếu $q < 0$.

+ Độ lớn:

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$$

Véc tơ $\vec{r}$ hướng từ điện tích q đến điểm cần khảo sát điện trường.

d. Đường sức điện trường

- Đường sức điện trường là đường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với phương của véctơ cường độ điện trường tại điểm đó. Chiều của đường sức là chiều của véctơ cường độ điện trường $\vec{E}$.

- Quy ước: Số đường sức đi qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với đường sức thì bằng độ lớn của véctơ cường độ điện trường $\vec{E}$.

- Tập hợp các đường sức điện trường gọi là điện phổ.

Tính chất:

+ Số đường sức đi qua một đơn vị diện tích vuông góc với chúng thì tỷ lệ với độ lớn của vectơ cường độ điện trường tại đó.

+ Hai đường sức bất kỳ không thể cắt nhau.

+ Đường sức bị gián đoạn tại nơi có điện tích. Các đường sức đi ra từ điện tích dương và đi vào điện tích âm.

+ Các đường sức đến vuông góc với bề mặt của vật dẫn trong điều kiện tĩnh điện.

e. Nguyên lý chồng chất điện trường

- Cường độ điện trường do hệ các điện tích điểm gây ra tại một điểm bằng tổng véctơ cường độ điện trường do từng điện tích điểm gây ra tại điểm đó.

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^{n} \vec{E_i} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.3)$$

2. Định lý Ostrogradski – Gauss (O – G)

a. Thông lượng điện trường

Nội dung: Thông lượng điện trường gửi qua yếu tố diện tích dS là tích vô hướng giữa $\vec{E}$ và $\overrightarrow{dS}$.

$$d\phi = \vec{E}.\overrightarrow{dS} = E.dS.\cos\alpha$$

Trong đó:

+ α là góc giữa $\vec{E}$ và $\overrightarrow{dS}$.

+ $\overrightarrow{dS}$ là véctơ pháp tuyến của yếu tố diện tích dS.

+ Độ lớn của véctơ $\overrightarrow{dS}$ bằng độ lớn diện tích của yếu tố dS.

- Thông lượng điện trường gửi qua mặt kín S là:

$$\phi_E = \oint_S \vec{E}.\overrightarrow{dS} \qquad (I.4)$$

Trong trường hợp này, $\overrightarrow{dS}$ là hướng của pháp tuyến ngoài của mặt S tại yếu tố dS.

b. Định lý O – G

Thiết lập mối quan hệ giữa điện tích và điện trường.

- *Nội dung:* Thông lượng điện trường gửi qua mặt kín S bằng tổng đại số các điện tích chứa trong mặt kín đó chia cho hằng số điện ε_0.

- *Biểu thức:*

$$\phi_E = \oint_S \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n} q_i \qquad (I.5)$$

- Dạng vi phân của định lý (nếu điện tích phân bố liên tục trong thể tích của vật):

$$\text{div}\vec{E}(x,y,z) = \frac{\rho(x,y,z)}{\varepsilon_0}$$

(ρ là mật độ điện tích khối tại điểm có tọa độ (x, y, z))

3. Điện thế

a. Công của lực tĩnh điện

- Công cần thiết để đưa điện tích thử q_0 từ M đến N là:

$$A_{MN} = \int_M^N q_0 \vec{E}d\vec{l} = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_M} - \frac{1}{r_N}\right) \qquad (I.6)$$

r_M và r_N lần lượt là khoảng cách từ điện tích q tới M và N.

- Công này không phụ thuộc vào dạng đường cong dịch chuyển mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối.

- Nếu có n điện tích thì công dịch chuyển sẽ là:

$$A_{MN} = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i q_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_{iM}} - \frac{1}{r_{iN}}\right) \qquad (I.7)$$

b. Tính chất thế của trường tĩnh điện

- Nếu một môi trường có công dịch chuyển điện tích trên một đường cong khép kín bằng 0 thì môi trường đó có tính chất thế.

$$A = \oint \vec{F}.\vec{dl} = q_0 \oint \vec{E}.\vec{dl} = 0$$

$$\Rightarrow \oint \vec{E}.\vec{dl} = 0 \qquad (I.8)$$

- Giá trị $\vec{E}.\vec{dl}$ gọi là lưu số của véctơ cường độ điện trường. Lưu số của véctơ cường độ điện trường dọc theo đường cong kín thì bằng 0.

$$\text{rot}\,\vec{E} = 0$$

Điện trường tĩnh là một trường thế. Ở dạng tổng quát thì điện trường không phải là trường thế vì ngoài điện trường tĩnh nó còn bao gồm điện xoáy do từ trường biến thiên sinh ra (thuyết trường điện từ của Maxwell). Trong trường hợp này thì: $\text{rot}\,\vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t}$

c. Thế năng của một điện tích trong điện trường

- Thế năng của một điện tích q_0 tại một điểm trong điện trường là một giá trị bằng công của lực tĩnh điện để dịch chuyển điện tích đó từ điểm đang xét ra xa vô cùng.

- Thế năng của một điện tích điểm q_0 trong điện trường do q gây ra:

$$W = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r} \qquad (I.9)$$

- Nếu hệ có n điện tích thì:

$$W = \sum_{i=1}^{n} W_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i q_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_i} \qquad (I.10)$$

d. Điện thế - Hiệu điện thế

- Điện thế tại một điểm được tính bằng công của lực tĩnh điện để dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ điểm đó ra xa vô cùng.

- Điện thế tại một điểm cách điện tích q một khoảng r, điện tích thử q_0 là:

$$V = \int_M^{\infty} \vec{E}.\vec{dl} = \frac{W}{q_0} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r} \qquad (I.11)$$

- Nếu có nhiều điện tích q_i thì:

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i} \qquad (I.12)$$

- Do đó công dịch chuyển điện tích q_0 từ M đến N:

$$A_{MN} = q_0(V_M - V_N)$$

- *Hiệu điện thế:*

Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường là một đại lượng về trị số bằng công của lực tĩnh điện để dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ M đến N.

$$U_{MN} = \frac{A_{MN}}{q_0} = V_M - V_N \qquad (I.13)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_M = A_{M\infty} \\ V_\infty = 0 \end{cases}$$

e. Mặt đẳng thế

- Mặt đẳng thế là tập hợp những điểm có cùng một điện thế.

- Mặt đẳng thế của điện trường do điện tích điểm gây ra là các mặt cầu có tâm nằm tại nơi có điện tích.

- Tính chất:

+ Các mặt đẳng thế không cắt nhau.

+ Công của lực tĩnh điện để dịch chuyển một điện tích trên mặt đẳng thế bằng 0.

+ Véctơ cường độ điện trường tại mỗi điểm trên mặt đẳng thế thì vuông góc với mặt đẳng thế tại điểm đó.

g. Mối liên hệ giữa điện thế và cường độ điện trường

- *Tính điện thế từ cường độ điện trường:*

$$V_M = \int_M^{\infty} \vec{E}.\vec{dl} \qquad (I.14)$$

Trong đó dl là vi phân của yếu tố chiều dài theo đường dịch chuyển.

- *Tính cường độ điện trường từ điện thế:*

Véc tơ cường độ điện trường tại một điểm bất kỳ trong điện trường bằng và ngược dấu với gradient của điện thế tại điểm đó.

$$\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}\,V} \qquad (I.15)$$

$$\Rightarrow \quad E_x = -V'_x \quad ; \quad E_y = -V'_y \quad ; \quad E_z = -V'_z$$

4. Năng lượng điện trường

a. Năng lượng tĩnh điện của vật dẫn

- Tính chất của vật dẫn:

+ Véctơ cường độ điện trường $\vec{E}_i$ tại mọi điểm bên trong vật dẫn bằng 0.

+ Thành phần tiếp tuyến $\vec{E}_t$ của véctơ cường độ điện trường tại mọi điểm trên bề mặt vật dẫn bằng 0.

+ Điện trường $\vec{E}$ chỉ còn lại thành phần vuông góc: $\vec{E} = \vec{E}_n$

+ Mặt vật dẫn là một mặt đẳng thế. Vật dẫn cân bằng tĩnh điện là một khối đẳng thế.

+ Một vật dẫn khác nằm trong một vật dẫn rỗng sẽ không bị ảnh hưởng của điện trường ngoài.

+ Sự phân bố điện tích trên bề mặt vật dẫn chỉ phụ thuộc vào hình dạng của vật dẫn đó. Điện tích q chỉ phân bố trên bề mặt của vật dẫn.

- Năng lượng của vật dẫn tích điện;

$$W = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}CV^2 \qquad \text{(I.16)}$$

Trong đó C là điện dung của vật dẫn. Điện dung của vật dẫn bằng số điện tích cần truyền cho vật dẫn để điện thế của nó tăng lên 1V.

+ Nếu vật dẫn là mặt cầu bán kính R thì: $C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R$

+ Tụ điện phẳng: $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ (S – diện tích một mặt tụ, d – khoảng cách)

+ Tụ điện trụ: $C = \frac{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 l}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$ (l – chiều dài tụ trụ; R_1, R_2 – bán kính trong và ngoài)

+ Tụ điện cầu: $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ (S – diện tích một mặt cầu, d – khoảng cách giữa hai bản tụ)

b. Năng lượng của tụ điện

- Tụ điện là một hệ gồm hai vật dẫn được đặt rất gần nhau. Các vật dẫn tạo nên tụ được gọi là các bản tụ.

- *Điện dung của tụ:*

$$C = \frac{q}{U} \qquad \text{(I.17)}$$

Trong đó, q là điện tích trên một bản tụ và U là hiệu điện thế giữa hai bản tụ.

- *Ghép tụ:*

+ Ghép nối tiếp: $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$

+ Ghép song song: $C = \sum_{i=1}^{n} C_i$

- *Năng lượng của tụ tích điện:*

$$W = \frac{1}{2}qU = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}CU^2 \qquad \text{(I.18)}$$

c. Năng lượng và mật độ năng lượng điện trường

- *Năng lượng điện trường:*

$$W = \frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0 E^2.V \qquad \text{(I.19)}$$

Trong đó, V là thể tích phần không gian có điện trường.

- *Mật độ năng lượng điện trường:*

$$w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0 E^2 \qquad \text{(I.20)}$$

5. Dòng điện

a. Dòng điện. Mật độ dòng điện

- *Dòng điện:* là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện tích cùng loại.

- Cường độ dòng điện là lượng điện tích chuyển qua trong một đơn vị thời gian.

$$I = \frac{dq}{dt} \qquad \text{(A)}$$

- Chiều của dòng điện được quy ước là chiều chuyển động của các hạt mang điện tích dương.

- <u>Véctơ mật độ dòng điện:</u>

Véctơ mật độ dòng điện tại mỗi điểm có độ lớn bằng cường độ dòng dI chuyển qua yếu tố mặt dS đặt vuông góc với hướng chuyển động của các hạt mang điện tại đó chia cho dS:

$$\vec{j} = \frac{\vec{dI}}{dS} \qquad (A/m^2) \qquad \text{(I.21)}$$

+ Chiều của véctơ $\vec{j}$ trùng với chiều dòng điện, $\overrightarrow{dI}$ chỉ chiều dòng điện.

- Do đó, cường độ dòng qua một mặt có tiết diện S là:

$$\vec{I} = \int_S \vec{j}.\overrightarrow{dS} \qquad \text{(I.22)}$$

b. Phương trình liên tục

Mặt kín S nằm trong môi trường có dòng điện chạy qua thì:

$$\oint_S \vec{j}.\overrightarrow{dS} = -\frac{dq}{dt} \Leftrightarrow \oint_V \text{div}\,\vec{j}\,dV = -\oint_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV$$

$$\text{div}\,\vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \qquad \text{(I.23)}$$

- Đối với dòng dừng thì:

$$\text{div}\,\vec{j} = 0$$

c. Lực lạ

Lực lạ được đặc trưng bằng công mà nó thực hiện được để đưa một đơn vị điện tích dương đi đọc theo mạch điện.

$$\varepsilon = \frac{A}{q} \quad (V) \qquad \text{(I.24)}$$

6. Từ trường

a. Định luật Ampere về tương tác từ giữa hai yếu tố dòng cơ bản

- *Yếu tố dòng cơ bản:* là một đoạn vô cùng ngắn của dây dẫn có dòng chạy qua (ký hiệu là $I\overrightarrow{dl}$) trong đó $\overrightarrow{dl}$ có chiều trùng với chiều dòng điện.

- *Định luật Ampere:* lực từ do yếu tố dòng $I_1\overrightarrow{dl_1}$ tác dụng lên yếu tố dòng $I_2\overrightarrow{dl_2}$ cùng đặt trong chân không là một đại lượng véctơ $\overrightarrow{dF_{12}}$ có:

+ Phương vuông góc với mặt phẳng chứa yếu tố $I_2\overrightarrow{dl_2}$ và pháp tuyến $\vec{n}$ ($\vec{n}$ có chiều sao cho $\overrightarrow{dl_1}, \vec{r}, \vec{n}$ tạo thành một tam diện thuận).

+ Có chiều sao cho $\overrightarrow{dl_2}, \vec{n}, \overrightarrow{dF_{12}}$ tạo thành một tam diện thuận.

+ Độ lớn:

$$dF_{12} = k\frac{I_2 dl_2 \sin\theta_2 . I_1 dl_1 \sin\theta_1}{r^2}$$

Trong đó: $\begin{cases}\theta_1 = \left(I_1 dl_1; \vec{r}\right) \\ \theta_2 = \left(I_2 dl_2; \vec{n}\right)\end{cases}$; k là hệ số tỷ lệ: $k = \frac{\mu_0}{4\pi}$

$\Rightarrow$ *Tổng quát:* $$\overrightarrow{dF_{12}} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{I_2\overrightarrow{dl_2} \wedge [I_1\overrightarrow{dl_1} \wedge \vec{r}]}{r^3} \qquad (I.25)$$

b. Từ trường

- Định nghĩa: Từ trường là môi trường vật chất tồn tại xung quanh điện tích chuyển động và tác dụng lực từ lên điện tích khác chuyển động trong nó.

- Cảm ứng từ do một điện tích q chuyển động với vận tốc $\vec{v}$ là:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{q[\vec{v} \wedge \vec{r}]}{r^3} \qquad (I.26)$$

Trong đó, r là khoảng cách từ q đến điểm cần xác định cảm ứng từ.

c. Định luật Biot – Savart – Laplace

Véctơ cảm ứng từ $\overrightarrow{dB}$ do yếu tố dòng $Id\vec{l}$ gây ra tại điểm P, cách yếu tố dòng một khoảng r là một đại lượng véctơ có:

+ Gốc tại P.

+ Phương vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử dòng điện $Id\vec{l}$ và P.

+ Chiều sao cho $\vec{dl}, \vec{r}, \overrightarrow{dB}$ tạo thành một tam diện thuận.

+ Độ lớn:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Idl\sin\theta}{r^2} \qquad \text{với } \theta = \left(Id\vec{l}, \vec{r}\right)$$

$\Rightarrow$ *Tổng quát:*

$$\overrightarrow{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{[Id\vec{l} \wedge \vec{r}]}{r^3} \qquad (I.27)$$

d. Lực tác dụng của từ trường lên dòng điện

- *Lực Ampere:* lực từ tác dụng lên dòng điện I bằng lực tác dụng lên các hạt e chuyển động có hướng trong dây dẫn.

- *Định luật Ampere về lực tác dụng lên yếu tố dòng* $Id\vec{l}$*:*

$$\overrightarrow{dF} = I[\vec{dl} \wedge \vec{B}] \qquad (I.28)$$

Vậy lực tác dụng lên cả dòng điện là:

$$\vec{F} = \int_{dòng} \overrightarrow{dF}$$

7. Định luật Ampere về dòng toàn phần và ứng dụng

a. Định luật Ampere về dòng toàn phần

- Lưu số của véc tơ cảm ứng từ theo đường cong kín L:

$$L = \oint_L \vec{B}\vec{dl} \qquad (I.29)$$

- Nội dung định luật: lưu số của véctơ cảm ứng từ theo đường cong kín bằng tích μ_0 với tổng đại số các dòng điện xuyên qua mặt S giới hạn bởi đường cong kín đó.

$$\oint_L \vec{B}\vec{dl} = \mu_0 \sum_{k=1}^{n} I_k \qquad (I.30)$$

+ Nếu trong diện tích giới hạn bởi đường cong kín L có mật độ dòng là $\vec{j}$ thì:

$$\vec{I} = \oint_S \vec{j}\overrightarrow{dS}$$

$$\Rightarrow \text{rot}\,\vec{B} = \mu_0 \vec{j} \qquad (I.31)$$

b. Ứng dụng của định luật Ampere về dòng toàn phần

- Từ trường do một dây điện thẳng có kích thước ngang đáng kể, bán kính tiết diện là R.

+ Tại điểm cách trục ống dây một khoảng r < R:

$\vec{B}$ có phương là tiếp tuyến của đường tròn bán kính r.

$\vec{B}$ có chiều được xác định theo quy tắc vặn đinh ốc.

Độ lớn: $$B = \frac{\mu_0 I.r}{2\pi R^2} \qquad (I.32)$$

+ Tại điểm cách trục ống dây một khoảng r > R:

Chiều được xác định theo quy tắc vặn đinh ốc.

Độ lớn: $$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \qquad (I.33)$$

- Từ trường của một ống dây điện thẳng (Solenoid)

$\vec{B}$ có phương song song với trục của ống dây.

$\vec{B}$ có chiều được xác định theo quy tắc vặn đinh ốc.

Độ lớn: $B = \mu_0 n.I$ (I.34)

(với n – số vòng dây trên một đơn vị độ dài)

- *Từ trường trong cuộn dây hình xuyến (Toroid)*

$\vec{B}$ có phương tiếp tuyến với trục của lõi.

$\vec{B}$ có chiều được xác định theo quy tắc vặn đinh ốc.

Độ lớn: $B = \mu_0 n.I$ (I.35)

(với n – số vòng dây trên một đơn vị độ dài)

c. Định lý Ostrogradski – Gauss trong từ trường

Thông lượng từ trường qua mặt kín bất kỳ thì bằng 0.

$$\phi_B = \oint_S \vec{B}d\vec{S} = 0 \quad \text{(I.36)}$$

$$\text{div}\vec{B} = 0 \quad \text{(I.37)}$$

8. Lực Lorentz – Hiệu ứng Hall

a. Lực Lorentz

- Lực từ tác dụng lên điện tích q chuyển động với vận tốc v:

$$\vec{F} = q[\vec{v} \wedge \vec{B}] \quad \text{(I.38)}$$

Độ lớn:

$$F = qvB\sin\alpha$$

+ Lực Lorentz không sinh công do $\vec{F} \perp \vec{v}$

+ Không thể thay đổi năng lượng của các hạt điện tích bằng cách tác dụng lên nó một từ trường cố định.

+ Nếu có đồng thời $\vec{E}$ và $\vec{B}$ tác động thì:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v} \wedge \vec{B}] \quad \text{(I.39)}$$

b. Hiệu ứng Hall

- Một bản kim loại có dòng một chiều chạy qua được đặt trong từ trường $\vec{B}$ vuông góc với mặt bên của bản. Quan sát thấy có hiệu điện thế giữa mặt trên và dưới của bản.

$$U_H = R_H bjB \quad \text{(I.40)}$$

Trong đó:

+ R_H là hệ số Hall: $R_H = \frac{1}{ne}$

+ j là độ lớn mật độ dòng điện

+ B là độ lớn của cảm ứng từ.

+ b là độ rộng của bản.

9. Các định luật về cảm ứng điện từ

a. Định luật Faraday

Suất điện động cảm ứng trong một vòng dây dẫn bằng và trái dấu với tốc độ biến thiên theo thời gian của từ thông gửi qua vòng dây đó.

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (V) \qquad (I.41)$$

Nếu có N vòng dây thì:

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi_B}{dt} \quad (V) \qquad (I.42)$$

b. Định luật Lenz

- *Nội dung:* Suất điện động cảm ứng luôn tạo ra dòng cảm ứng sao cho từ trường mà nó sinh ra chống lại sự biến thiên của thông lượng từ trường sinh ra nó.

- *Các cách có thể tạo ra suất điện động cảm ứng như sau, dựa vào (I.43):*

+ Thay đổi cảm ứng từ B

+ Thay đổi diện tích A của vòng dây

+ Thay đổi góc giữa vòng dây và từ trường.

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}\oint_S BdS\cos\theta \quad (V) \qquad (I.43)$$

10. Hiện tượng hỗ cảm và hiện tượng tự cảm

a. Hiện tượng hỗ cảm

Khi đặt hai ống dây gần nhau thì dòng điện trong cuộn thứ nhất biến thiên sẽ tạo nên suất điện động cảm ứng ở cuộn thứ 2. Suất điện động này tỷ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông qua cuộn 2 do dòng trong cuộn 1 gây ra.

$M_{21} = N_2\phi_{21}$ gọi là hệ số hỗ cảm, có đơn vị Henri

- Suất điện động cảm ứng trong cuộn 2 là:

$$\varepsilon_2 = -N_2\frac{d\phi_{21}}{dt}$$

$$\Rightarrow \boxed{\varepsilon_2 = -M_{21}\frac{dI_1}{dt}} \qquad (I.44)$$

b. Hiện tượng tự cảm

- Là hiện tượng cảm ứng xảy ra trong chính cuộn dây cô lập có dòng xoay chiều.

- Dòng điện qua cuộn dây biến thiên, từ thông do dòng đó sinh ra cũng biến thiên và sinh ra suất điện động cảm ứng có chiều chống lại nguyên nhân sinh ra nó.

$$N\phi = L.I$$

L: hệ số tự cảm có đơn vị Henri, phụ thuộc vào thông số hình học của sợi dây và lõi vật liệu từ trong lòng cuộn dây.

$$\Rightarrow \boxed{\varepsilon = -L\frac{dI}{dt}} \qquad (I.45)$$

11. Năng lượng từ trường

a. Năng lượng từ trường

$$\boxed{W_B = \frac{1}{2}LI^2} \qquad (I.46)$$

b. Mật độ năng lượng từ trường

$$\boxed{w_B = \frac{W_B}{V} = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu\mu_0}} \qquad (I.47)$$

Với V là thể tích trong lòng cuộn cảm.

12. Hệ phương trình Maxwell và hệ quả

a. Sự tạo thành điện trường do từ trường biến thiên. Phương trình Maxwell – Faraday

- Bất kỳ một từ trường nào biến đổi theo thời gian cũng sinh ra một điện trường xoáy $\vec{E}_B$. Suất điện động bằng lưu số của véctơ đó theo vòng dây dẫn kín:

$$\varepsilon = \oint \vec{E}_B \vec{dl}$$

Theo định luật cảm ứng điện từ của Faraday:

$$\oint \vec{E}_B \vec{dl} = -\frac{d}{dt}\int_S \vec{B}\vec{dS}$$

Lưu số của véctơ cường độ điện trường xoáy dọc theo vòng dây kín bất kỳ bằng và trái dấu với tốc độ biến thiên theo thời gian của từ thông gửi qua diện tích giới hạn bởi vòng dây kín đó.

- Biểu thức điện trường trong trường hợp tổng quát:

$$\text{rot}\,\vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

b. Sự tạo thành từ trường do điện trường biến thiên

- Dòng điện dịch là dòng điện ứng với điện trường biến đổi theo thời gian về phương diện sinh ra từ trường.

- *Định lý dòng toàn phần trong trường hợp tổng quát:*

$$\oint \vec{B}\vec{dl} = \mu_0(I + I_D)$$

Trong đó, I và I_D lần lượt là cường độ dòng điện dẫn, cường độ dòng điện dịch.

Dạng vi phân của định lý:

$$\text{rot}\,\vec{B} = \mu_0\left(\vec{j} + \varepsilon_0\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right)$$

Trong đó, $\vec{j}$ và $\vec{j}_D = \varepsilon_0\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ lần lượt là mật độ dòng điện dẫn và mật độ dòng điện dịch.

c. Các phương trình Maxwell

- Điện trường và từ trường đồng thời tồn tại trong không gian tạo thành một trường thống nhất gọi là điện từ trường. Hệ quả chính của lý thuyết Maxwell là kết luận về bản chất sóng điện từ của ánh sáng.

- *Các phương trình Maxwell:*

+ Từ trường biến thiên theo thời gian sinh ra điện trường xoáy:

$$\boxed{\text{rot}\,\vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t}} \qquad \text{(I.48)} \qquad \text{(phương trình Maxwell – Faraday)}$$

+ Từ thông gửi qua mặt kín bất kỳ bằng 0:

$$\boxed{\text{div}\,\vec{B} = 0} \qquad \text{(I.49)} \qquad \text{(định lý O – G trong từ trường)}$$

+ Điện trường xoáy sinh ra dòng điện dịch và từ đó sinh ra từ trường biến đổi:

$$\boxed{\text{rot}\,\vec{B} = \mu_0\left(\vec{j} + \varepsilon_0\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right)} \qquad \text{(I.50)} \quad \text{(phương trình Maxwell – Ampere)}$$

+ Điện tích ngoài là nguồn gốc của điện trường:

$$\boxed{\text{div}\,\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}} \qquad \text{(I.51)} \qquad \text{(định lý O – G trong điện trường)}$$

d. Sóng điện từ

- Từ trường biến thiên sinh ra điện trường biến thiên và điện trường biến thiên này lại sinh ra từ trường biến thiên. Kết quả là có một hệ trường điện từ biến đổi lan truyền trong không gian. Đó là sóng điện từ.

- *Vận tốc truyền sóng điện từ trong môi trường:*

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}} \qquad (I.52)$$

Trong đó: ε và μ lần lượt là hằng số điện môi và hằng số từ thẩm của môi trường, $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 299\ 792\ 458$ (m/s) là vận tốc sóng điện từ trong chân không.

- *Năng lượng của sóng điện từ. Véctơ Pointing (không cần học)*

+ Mật độ năng lượng của sóng điện từ:

$$\omega = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0} = \varepsilon_0 E^2 = \frac{B^2}{\mu_0}$$

+ Véctơ Pointing biểu thị năng lượng sóng điện từ truyền qua một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\left[\vec{E} \wedge \vec{B}\right] \qquad (I.53)$$

Độ lớn trung bình của $\vec{S}$:

$$\bar{S} = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 E_0^2 = \frac{1}{2}\frac{c B_0^2}{\mu_0} = \frac{1}{2}\frac{E_0 B_0}{\mu_0} \qquad (I.54)$$

Trong đó, E_0 và B_0 lần lượt là giá trị cực đại của điện trường và từ trường.

B. BÀI TẬP

<u>Bài 1:</u> Điện trường của điện tích điểm

- <u>Khi có 1 điện tích điểm q:</u> thì cường độ điện trường $\vec{E}$ tại điểm M cách điện tích q một khoảng là r được xác định như sau:

+ $\vec{E}$ có điểm đặt tại điểm M.

+ $\vec{E}$ có phương nằm trên đường thẳng nối điện tích q với điểm M.

+ $\vec{E}$ có chiều từ điện tích q tới M nếu q > 0 và có chiều ngược lại nếu q < 0.

+ Độ lớn của $\vec{E}$ được xác định theo công thức (với ε là hằng số điện môi của môi trường):

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2} \qquad \left(\frac{N}{C}\right)$$

Vậy:

$$\boxed{\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}\frac{\vec{r}}{r}} \qquad \text{(I.50)}$$

- Khi có n điện tích điểm:

Điện trường tổng cộng ở vị trí đang xét được xác định theo nguyên lý chồng chất.

$$\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2} + \ldots + \vec{E_n}$$

Bài 2: Điện thế của điện tích điểm

- Khi có 1 điện tích điểm q: thì điện thế V tại điểm M cách điện tích q một khoảng là r được xác định như sau:

- Điện thế tại một điểm được tính bằng công của lực tĩnh điện để dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ điểm đó ra xa vô cùng. Điện thế tại một điểm là đại lượng vô hướng.

$V_M = \int_r^\infty \vec{E}\vec{ds}$ với ds là vi phân của quãng đường dịch chuyển.

$V_M = \int_r^\infty \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 . s^2} ds$ với s là khoảng cách từ yếu tố ds tới điện tích q.

$$V_M = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{-1}{s}\right)\Big|_r^\infty = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\infty}\right)$$

$$\boxed{V_M = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 . r}} \qquad \left(\text{Vol} = \frac{\text{June}}{\text{Coulomb}}\right) \qquad \text{(I.51)}$$

- Thế tại điểm M quanh một điện tích dương thì có giá trị dương, quanh một điện tích âm thì có giá trị âm.

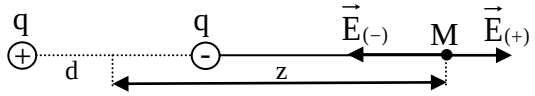
- Khi có n điện tích điểm:

Ta có thể tính thế tổng cộng ở một điểm gây ra bởi một nhóm điện tích điểm nhờ nguyên lý chồng chất (cộng các đại lượng vô hướng). Với n điện tích, thế tổng cộng là:

$$\boxed{V = \sum_{i=1}^{n} V_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_i}} \quad (\text{Vol}) \qquad \text{(I.52)}$$

Bài 3: Điện trường của lưỡng cực điện

- Lưỡng cực điện là một hệ gồm 2 điện tích điểm có độ lớn bằng nhau và ngược nhau về dấu, đặt cách nhau một khoảng là d.



- Tính điện trường của lưỡng cực điện tại điểm M nằm trên trục của lưỡng cực (đường thẳng nối hai điện tích điểm) và cách trung điểm của nó một khoảng là z:

Điện trường gây ra tại M do điện tích dương và điện tích âm của lưỡng cực gây ra. Áp dụng nguyên lý chồng chất điện trường ta có:

$$\vec{E} = \vec{E}_{(+)} + \vec{E}_{(-)}$$

+ $\vec{E}$ có phương nằm trên đường thẳng nối hai điện tích.

+ $\vec{E}$ có chiều từ điện tích âm đến điện tích dương.

+ Về độ lớn (với trường hợp trên hình vẽ):

$$E = -E_{(+)} + E_{(-)}$$

$$= -\frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{\left(z+\frac{d}{2}\right)^2} + \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{\left(z-\frac{d}{2}\right)^2}$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z^2}\left[\left(1-\frac{d}{2z}\right)^{-2} - \left(1+\frac{d}{2z}\right)^{-2}\right]$$

Khi điểm M cách rất xa trung điểm của lưỡng cực (z >> d) thì $\frac{d}{2z} << 1$. Khai triển biểu thức trên theo công thức Taylor – Maclaurin ta được:

$$\left(1-\frac{d}{2z}\right)^{-2} = 1+\frac{d}{z}+o\left(\frac{d}{z}\right) \quad ; \quad \left(1+\frac{d}{2z}\right)^{-2} = 1-\frac{d}{z}+o\left(\frac{d}{z}\right)$$

Với $o\left(\frac{d}{z}\right)$ là vô cùng bé của $\left(\frac{d}{z}\right)$ và ta có thể bỏ qua đại lượng này.

Do đó:

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z^2}\left[\left(1+\frac{d}{z}\right)-\left(1-\frac{d}{z}\right)\right]$$

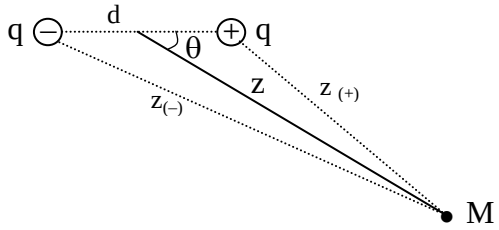
$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z^2}\cdot\frac{2d}{z}$$

$$\Rightarrow \boxed{E = \frac{1}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{qd}{z^3}} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.53)$$

- Tích qd được gọi là *mômen của lưỡng cực điện*. Mômen của lưỡng cực điện là một đại lượng vectơ, có độ lớn bằng tích qd, có chiều hướng dọc theo trục của lưỡng cực từ điện tích âm đến điện tích dương.

- Điện trường gây ra bởi lưỡng cực điện tỷ lệ nghịch với lập phương khoảng cách từ điểm cần xác định đến trung điểm của lưỡng cực.

<u>Bài 4:</u> Điện thế của lưỡng cực điện



Xét điện thế tại điểm M cách trung điểm của lưỡng cực một đoạn là z và cách điện tích dương và âm một khoảng là $z_{(+)}$ và $z_{(-)}$

Theo nguyên lý chồng chất, điện thế tại M là tổng điện thế do điện tích dương và điện tích âm gây ra:

$$V = V_{(+)} + V_{(-)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{q}{z_{(+)}} + \frac{-q}{z_{(-)}}\right)$$

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{z_{(-)} - z_{(+)}}{z_{(-)}.z_{(+)}}$$

Nếu z >> d (d là khoảng cách giữa hai điện tích) thì ta có một cách gần đúng:

$$\begin{cases} z_{(-)} - z_{(+)} = d.\cos\theta \\ z_{(-)}.z_{(+)} = z^2 \end{cases}$$

Do đó:

$$\boxed{V = \frac{\cos\theta}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z^2}qd} \qquad (Vol) \qquad (I.54)$$

- Tích qd gọi là mômen của lưỡng cực điện.

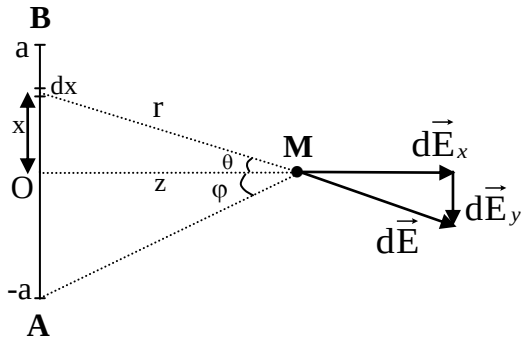
- Điện thế ở M sẽ không thay đổi nếu quay M quanh trục của lưỡng cực sao cho z và θ không thay đổi.

- Điện thế bằng 0 tại mọi điểm nằm trên mặt phẳng vuông góc với trục của lưỡng cực tại trung điểm của nó.

<u>Bài 5:</u> Điện trường và điện thế của dây dẫn thẳng dài tích điện

Sợi dây AB có độ dài 2a, tích điện dương với mật độ diện dài λ.Tính điện trường tại điểm M.

<u>Trường hợp 1:</u> M nằm trên đường trung trực của sợi dây và cách trung điểm của sợi dây một khoảng là z. Xét trường hợp đặc biệt khi a → ∞



<u>Điện trường:</u>

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm có trong sợi dây.

- Chia sợi dây tích điện thành những yếu tố có độ dài dx vô cùng nhỏ (nhỏ tới mức coi như là một điện tích điểm) và cách trung điểm O của sợi dây một đoạn là x. Để tính điện trường tại M do sợi dây gây ra, ta phải tính điện trường do từng yếu tố dx gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

Một số bạn thắc mắc: sao không đặt vi phân là dx và khoảng cách từ dx tới tâm là d hoặc đặt vi phân là dl và khoảng cách từ dl tới tâm là x. Lý do là trong khái niệm chỉ có điện trường do các điện tích điểm gây ra, vì thế ta phải chia sợi dây thành vô số các điện tích điểm và dx có chiều dài rất nhỏ, nhỏ tới mức coi điện tích trên nó giống như điện tích điểm. Đoạn vi phân đó có chiều dài rất nhỏ thì có thể đặt là dx, dl, dk,… nhưng biến khi lấy tích phân phải đặt tương ứng với nó: đặt đoạn vi phân là dx thì khoảng cách từ dx tới O là x, đặt đoạn vi phân là dl thì khoảng cách từ nó tới O là *l*.

Chú ý: nếu y là một hàm của x thì dx và dy là hoàn toàn khác nhau vì: dy = y'dx.

- *Tính điện trường do yếu tố dx gây ra tại M:*

+ Có gốc đặt tại M.

+ Điện tích của yếu tố dx là: dq = λ.dx

+ Điện trường $d\vec{E}$ có chiều như hình vẽ, có phương hợp với đường trung trực của AB một góc θ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$ là:

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{\left(x^2+z^2\right)}$$

- *Điện trường do cả đoạn dây gây ra tại M:*

$$\vec{E} = \int_{-a}^{a} d\vec{E} = \int_{-a}^{a} d\vec{E}_x + \int_{-a}^{a} d\vec{E}_y$$

Do tính chất đối xứng của sợi dây nên $\int_{-a}^{a} d\vec{E}_y = \vec{0}$. Suy ra: $\vec{E} = \int_{-a}^{a} d\vec{E}_x$

+ $\vec{E}$ có phương và chiều trùng với $d\vec{E}_x$

+ Về độ lớn:

$$E = \int_{-a}^{a} dE_x$$

$$dE_x = dE\cos\theta = dE\frac{z}{\sqrt{z^2+x^2}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{\left(z^2+x^2\right)}\frac{z}{\sqrt{z^2+x^2}}$$

$$= \frac{z\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dx}{\left(z^2+x^2\right)^{3/2}}$$

$$\Rightarrow E = \int_{-a}^{a} dE_x = \frac{z\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{-a}^{a}\frac{dx}{\left(z^2+x^2\right)^{3/2}}$$

Ta có: $x = z.\tan\theta \Rightarrow dx = \frac{z}{\cos^2\theta}d\theta$

Do đó:

$$E = \frac{z\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{-a}^{a}\frac{dx}{\left(z^2+x^2\right)^{3/2}} = \frac{z\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{-\varphi}^{\varphi}\frac{z}{\cos^2\theta}\frac{d\theta}{\left(z^2+z^2.\tan^2\theta\right)^{3/2}}$$

$$= \frac{z\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{-\varphi}^{\varphi}\frac{z}{\cos^2\theta}\frac{d\theta}{z^3\left(1+\tan^2\theta\right)^{3/2}} = \frac{z\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{-\varphi}^{\varphi}\frac{z}{\cos^2\theta}\frac{d\theta}{z^3\left(\frac{1}{\cos^2\theta}\right)^{3/2}}$$

$$= \frac{z\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{-\varphi}^{\varphi}\frac{z}{\cos^2\theta}\frac{\cos^3\theta.d\theta}{z^3} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\int_{-\varphi}^{\varphi}\cos\theta\,d\theta$$

$$= 2\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\int_{0}^{\varphi}\cos\theta\,d\theta = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\sin\theta\Big|_0^{\varphi} = \frac{1}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda}{z}.\sin\varphi$$

$$\boxed{E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}.\frac{a}{\sqrt{a^2+z^2}}} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.55)$$

- Khi $a \to \infty$ thì $a >> z$, $\sin\varphi = 1$ hoặc $\left(\lim_{a\to\infty}\frac{a}{\sqrt{a^2+z^2}} = 1\right)$ và điện trường tại M là:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\,\varepsilon_0 z}$$

Điện thế:

Điện thế tại M do yếu tố vi phân dx gây ra được tính bằng công mà lực điện trường của dx dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ M ra xa vô cùng.

Điện thế tại M do dx gây ra là:

$$dV = \frac{dq}{4\pi\varepsilon\,\varepsilon_0.r} = \frac{\lambda\,dx}{4\pi\varepsilon\,\varepsilon_0\sqrt{x^2+z^2}}$$

Điện thế tại M do cả đoạn dây gây ra là: áp dụng nguyên lý chồng chất (đối với đại lượng vô hướng) ta được:

$$V = \lim_{n\to\infty}\sum_{i=1}^{n} V_i = \int dV = \int_{-a}^{a}\frac{\lambda\,dx}{4\pi\varepsilon\,\varepsilon_0\sqrt{x^2+z^2}}$$

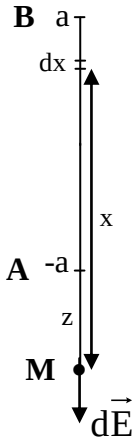
$$V = 2\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\,\varepsilon_0}\int_0^a \frac{dx}{\sqrt{x^2+z^2}} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\,\varepsilon_0}\left[\ln\left(x+\sqrt{x^2+z^2}\right)\right]\Big|_0^a$$

$$V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\,\varepsilon_0}\left[\ln\left(a+\sqrt{a^2+z^2}\right)-\ln z\right]$$

$$\boxed{V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\,\varepsilon_0}.\ln\frac{a+\sqrt{a^2+z^2}}{z}} \quad (\text{Vol}) \qquad (I.56)$$

- Khi $a \to \infty$ thì $a >> z$ và $\frac{a+\sqrt{a^2+z^2}}{z} \to \infty$. Do đó, $V \to \infty$

<u>Trường hợp 2:</u> M nằm trên đường thẳng AB và cách trung điểm O một khoảng là z



Điện trường:

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm trên sợi dây.

- Chia sợi dây tích điện thành những yếu tố có độ dài dx vô cùng nhỏ (nhỏ tới mức coi như là một điện tích điểm) và cách đầu A của sợi dây một đoạn là x. Để tính điện trường tại M do sợi dây gây ra, ta phải tính điện trường do từng yếu tố dx gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- *Điện trường do yếu tố dx gây ra tại M:*

+ Có gốc đặt tại M.

+ Điện tích của yếu tố dx là: dq = λ.dx

+ Điện trường gây ra tại M là $d\vec{E}$ có phương trùng với đường thẳng AB và có chiều như hình vẽ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$ là:

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dq}{x^2} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dx}{x^2}$$

- *Điện trường do cả đoạn dây gây ra tại M:*

$$\vec{E} = \int_A^B d\vec{E}$$

+ Độ lớn:

$$E = \int_A^B dE = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{z-a}^{z+a}\frac{dx}{x^2} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}.\left(\frac{-1}{x}\right)\Bigg|_{z-a}^{z+a}$$

$$\boxed{E = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}.\left(\frac{1}{z-a}-\frac{1}{z+a}\right)} \qquad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.57)$$

<u>Điện thế:</u>

Điện thế tại M do yếu tố vi phân dx gây ra được tính bằng công mà lực điện trường của dx dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ M ra xa vô cùng.

Điện thế tại M do dx gây ra là:

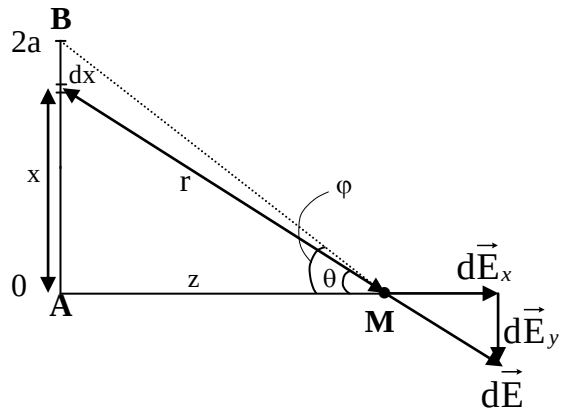
$$dV = \frac{dq}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0.x} = \frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0.x} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dx}{x}$$

Điện thế tại M do cả đoạn dây gây ra là: áp dụng nguyên lý chồng chất (đối với đại lượng vô hướng) ta được:

$$V = \int dV = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{z-a}^{z+a}\frac{dx}{x} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\ln|x|\Big|_{z-a}^{z+a}$$

$$\boxed{V = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\ln\frac{z+a}{z-a}} \qquad (Vol) \qquad (I.58)$$

<u>Trường hợp 3:</u> M nằm trên đường thẳng vuông góc với một đầu của sợi dây và cách đầu sợi dây một khoảng là z



<u>Điện trường:</u>

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm trên sợi dây.

- Chia sợi dây thành những yếu tố vi phân dx vô cùng nhỏ, cách A một đoạn là x. Để tính điện trường tại M do sợi dây gây ra, ta phải tính điện trường do từng yếu tố dx gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- *Điện trường do yếu tố dx gây ra tại M:*

+ Có gốc đặt tại M.

+ $d\vec{E}$ có chiều như hình vẽ, có phương hợp với đường thẳng AM một góc θ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$ là:

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{\left(x^2+z^2\right)} \qquad \text{(vì dq = λ.dx)}$$

- *Điện trường do cả đoạn dây gây ra tại M:*

$$\vec{E} = \int_0^{2a} d\vec{E} = \int_0^{2a} d\vec{E}_x + \int_0^{2a} d\vec{E}_y$$

+ Về độ lớn:

$$E_x = \int_0^{2a} dE_x = \int_0^{2a} dE.\cos\theta = \int_0^{2a} \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{\left(z^2+x^2\right)}.\cos\theta$$

Mà: $x = z.\tan\theta \Rightarrow dx = \frac{z}{\cos^2\theta}d\theta$

Do đó:

$$E_x = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\varphi}\frac{z.\cos\theta\, d\theta}{\cos^2\theta\left(z^2+z^2\tan^2\theta\right)} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\int_0^{\varphi}\cos\theta\, d\theta$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}.\sin\theta\Big|_0^{\varphi} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\sin\varphi = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{2a}{z\sqrt{4a^2+z^2}}$$

$$E_y = \int_0^{2a} dE_y = \int_0^{2a} dE.\sin\theta = \int_0^{2a}\frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{\left(x^2+z^2\right)}.\sin\theta$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\varphi}\frac{z.\sin\theta\, d\theta}{\cos^2\theta\left(z^2+z^2\tan^2\theta\right)} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\int_0^{\varphi}\sin\theta\, d\theta$$

$$= -\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}.\cos\theta\Big|_0^{\varphi} = -\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\cos\varphi = -\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{z}{z\sqrt{4a^2+z^2}}$$

Dấu " – " trong E_y thể hiện rằng véctơ $\vec{E}_y$ có chiều hướng xuống dưới so với trục tung Oy.

$$\Rightarrow E = \sqrt{E_x^2+E_y^2}$$

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}.\sqrt{\frac{4a^2}{z^2(4a^2+z^2)}+\frac{z^2}{z^2(4a^2+z^2)}}$$

$$\boxed{E = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.59)$$

+ Chiều của $\vec{E}$ hợp với phương ngang một góc α sao cho: $\tan\alpha = \frac{E_y}{E_x}$

Điện thế:

Điện thế tại M do yếu tố vi phân dx gây ra được tính bằng công mà lực điện trường của dx dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ M ra xa vô cùng.

Điện thế tại M do dx gây ra là:

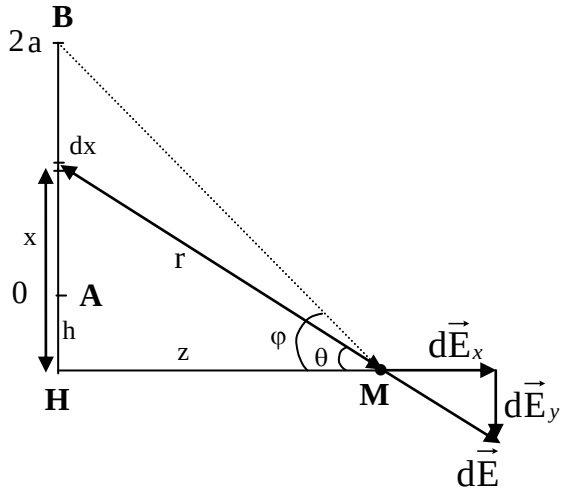
$$dV = \frac{dq}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0.r} = \frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0.r} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dx}{\sqrt{x^2+z^2}}$$

Điện thế tại M do cả đoạn dây gây ra là: áp dụng nguyên lý chồng chất (đối với đại lượng vô hướng) ta được:

$$V = \int dV = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{2a}\frac{dx}{\sqrt{x^2+z^2}} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\ln\left|x+\sqrt{x^2+z^2}\right|_0^{2a}$$

$$V = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\ln\frac{2a+\sqrt{4a^2+z^2}}{z} \qquad (Vol) \qquad (I.60)$$

<u>Trường hợp 4:</u> M nằm trên đường thẳng vuông góc với sợi dây tại điểm cách đầu sợi dây một khoảng là h, M cách sợi dây một khoảng là z. Đây là trường hợp tổng quát cho 3 trường hợp ở trên.



<u>Điện trường:</u>

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm trên sợi dây.

Chia sợi dây thành những yếu tố vi phân dx vô cùng nhỏ, cách H một đoạn là x. Để tính điện trường tại M do sợi dây gây ra, ta phải tính điện trường do từng yếu tố dx gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- *Điện trường do yếu tố dx gây ra tại M:*

+ Có điểm đặt tại M.

+ $d\vec{E}$ có chiều như hình vẽ, có phương hợp với đường thẳng HM một góc θ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$ là:

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{(x^2+z^2)} \qquad (\text{do } dq = \lambda dx)$$

- *Điện trường do cả đoạn dây gây ra tại M:*

$$\vec{E} = \int_A^B d\vec{E} = \int_A^B d\vec{E}_x + \int_A^B d\vec{E}_y$$

+ Về độ lớn:

$$E_x = \int_A^B dE_x = \int_h^{h+2a} dE.\cos\theta = \int_h^{h+2a} \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{(z^2+x^2)}.\cos\theta$$

Mà:

$$x = z.\tan\theta \quad \Rightarrow dx = \frac{z}{\cos^2\theta}d\theta$$

Do đó:

$$E_x = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\varphi}\frac{zd\theta}{\cos^2\theta\left(z^2+z^2\tan^2\theta\right)}\cos\theta = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\int_0^{\varphi}\cos\theta\, d\theta$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}.\sin\theta\Big|_0^{\varphi} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\sin\varphi = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\frac{2a+h}{\sqrt{(2a+h)^2+z^2}}$$

$$E_y = \int_A^B dE_y = \int_h^{h+2a} dE.\sin\theta = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_h^{h+2a}\frac{\lambda dx}{\left(x^2+z^2\right)}.\sin\theta$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\varphi}\frac{zd\theta}{\cos^2\theta\left(z^2+z^2\tan^2\theta\right)}\sin\theta = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\int_0^{\varphi}\sin\theta\, d\theta$$

$$= -\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}.\cos\theta\Big|_0^{\varphi} = -\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\cos\varphi = -\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\frac{z}{\sqrt{(2a+h)^2+z^2}}$$

$$\Rightarrow E = \sqrt{E_x^2+E_y^2}$$

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\sqrt{\sin^2\theta+\cos^2\theta}$$

$$\boxed{E = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.61)$$

+ Chiều của $\vec{E}$ hợp với phương ngang một góc α sao cho: $\tan\alpha = \frac{E_y}{E_x}$

Điện thế:

Điện thế tại M do yếu tố vi phân dx gây ra được tính bằng công mà lực điện trường của dx dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ M ra xa vô cùng.

Điện thế tại M do dx gây ra là:

$$dV = \frac{dq}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0.r} = \frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0.r} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dx}{\sqrt{x^2+z^2}}$$

Điện thế tại M do cả đoạn dây gây ra là: áp dụng nguyên lý chồng chất (đối với đại lượng vô hướng) ta được:

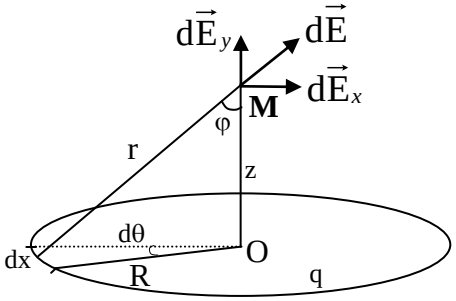
$$V = \int dV = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_h^{h+2a}\frac{dx}{\sqrt{x^2+z^2}} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\ln\left|x+\sqrt{x^2+z^2}\right|_h^{h+2a}$$

$$V = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\ln\frac{(2a+h)+\sqrt{(2a+h)^2+z^2}}{h+\sqrt{h^2+z^2}} \qquad (Vol) \qquad (I.62)$$

<u>Bài 6:</u> Điện trường và điện thế của vòng dây tròn tích điện

Tính điện trường và điện thế tại điểm M.

<u>Trường hợp 1:</u> Vòng dây tròn tâm O bán kính R, tích điện q, mật độ điện dài là λ. Điểm M nằm trên trục của vòng dây và cách O một khoảng là z. Xét trường hợp đặc biệt khi z bằng 0.



<u>Điện trường:</u>

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm trên vòng dây tròn.

Chia vòng dây thành những yếu tố vi phân dx vô cùng nhỏ. Để tính điện trường tại M do vòng dây gây ra, ta phải tính điện trường do từng yếu tố dx gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- *Điện trường do yếu tố dx gây ra tại M:*

+ Có điểm đặt tại điểm M.

+ Điện trường gây ra tại M là $d\vec{E}$ có phương và chiều như hình vẽ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$:

Điện tích của yếu tố dx là: $dq = \lambda.dx = \lambda.Rd\theta$

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda R d\theta}{(R^2+z^2)}$$

- *Điện trường do cả vòng dây gây ra tại M:*

$$\vec{E} = \int_0^{2\pi} d\vec{E} = \int_0^{2\pi} d\vec{E}_x + \int_0^{2\pi} d\vec{E}_y$$

Do tính chất đối xứng của vòng dây nên $\int_0^{2\pi} d\vec{E}_x = \vec{0}$. Suy ra: $\vec{E} = \int_0^{2\pi} d\vec{E}_y$

+ $\vec{E}$ có phương và chiều trùng với $d\vec{E}_y$

+ Về độ lớn:

$$E = \int_0^{2\pi} dE_y = \int_0^{2\pi} dE.\cos\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{2\pi}\frac{\lambda R d\theta}{\left(R^2+z^2\right)}.\cos\varphi$$

+ Ta có:

$$\cos\varphi = \frac{z}{\sqrt{R^2+z^2}}$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{2\pi}\frac{\lambda R d\theta}{\left(R^2+z^2\right)}\frac{z}{\sqrt{R^2+z^2}}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{2\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda R z}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.63)$$

Khi z = 0 thì ta có điện trường tại tâm của vòng dây tròn tích điện là: E = 0.

Điện thế:

Điện thế tại M do yếu tố vi phân dx gây ra được tính bằng công mà lực điện trường của dx dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ M ra xa vô cùng.

Điện thế tại M do dx gây ra là:

$$dV = \frac{dq}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0.r} = \frac{\lambda R d\theta}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0.r} = \frac{\lambda R}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{d\theta}{\sqrt{R^2+z^2}}$$

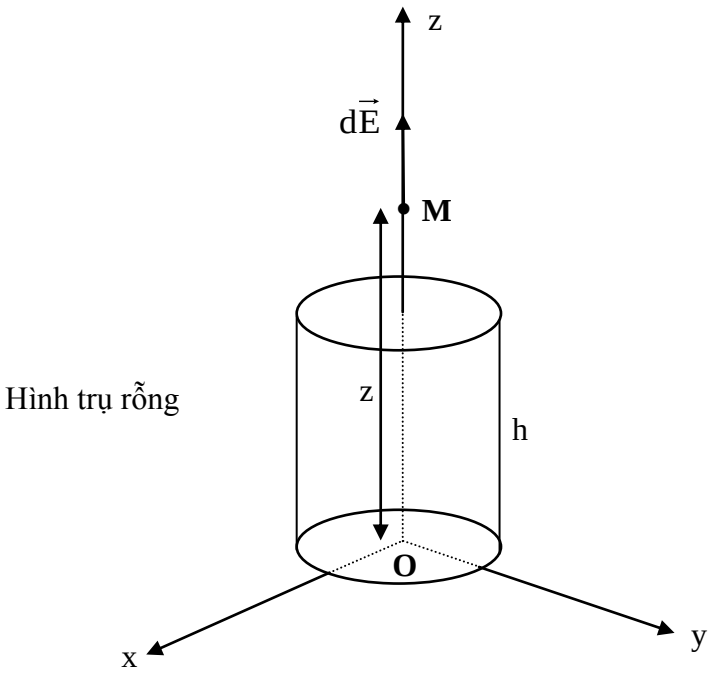
Điện thế tại M do cả đoạn dây gây ra là: áp dụng nguyên lý chồng chất (đối với đại lượng vô hướng) ta được:

$$V = \int dV = \frac{\lambda R}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{2\pi}\frac{d\theta}{\sqrt{R^2+z^2}} = \frac{\lambda R.2\pi}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{R^2+z^2}}$$

$$\boxed{V = \frac{\lambda R}{2\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{R^2+z^2}}} \quad (Vol) \qquad (I.64)$$

Khi z = 0 thì điện thế tại tâm của vòng dây tròn tích điện là: $V = \frac{\lambda}{2\varepsilon\varepsilon_0}$

<u>Trường hợp 2:</u> Một ống hình trụ rất mỏng có chiều cao h, tích điện dương với mật độ điện mặt là σ. Điểm M nằm trên trục của hình trụ và cách tâm của mặt đáy một khoảng là z



<u>Điện trường:</u>

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm trên mặt xung quanh của hình trụ.

Chia ống trụ thành các nhẫn tròn có độ rộng dx vô cùng nhỏ. Để tính điện trường tại M do ống trụ gây ra, ta phải tính điện trường do từng nhẫn tròn có độ rộng dx gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- Điện trường do nhẫn tròn có bề rộng dx gây ra tại M, tâm vòng tròn cách M một khoảng x là:

+ Có điểm đặt tại điểm M.

+ $d\vec{E}$ có phương và chiều như hình vẽ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$:

Điện tích của nhẫn tròn bề rộng dx là: $dq = \sigma 2\pi R.dx$ (R là bán kính ống trụ)

Do đó theo trường hợp 1 của bài này ta được:

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\sigma 2\pi R.x}{\left(R^2+x^2\right)^{3/2}}dx = \frac{1}{2\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\sigma R.x}{\left(R^2+x^2\right)^{3/2}}dx$$

- Điện trường do cả ống trụ gây ra tại M:

$$\vec{E} = \int d\vec{E} = \int_{z-h}^{z} d\vec{E}$$

+ $\vec{E}$ có phương và chiều trùng với $d\vec{E}$

+ Về độ lớn:

$$E = \int_{z-h}^{z} dE = \frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_{z-h}^{z}\frac{x}{\left(R^2+x^2\right)^{3/2}}dx = \frac{\sigma R}{4\varepsilon\varepsilon_0}\int_{z-h}^{z}\frac{d(x^2+R^2)}{\left(R^2+x^2\right)^{3/2}}$$

$$E = -\frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}\frac{1}{\sqrt{\left(R^2+x^2\right)}}\Bigg|_{z-h}^{z}$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{\sqrt{\left(R^2+(z-h)^2\right)}}-\frac{1}{\sqrt{\left(R^2+z^2\right)}}\right)} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.65)$$

Điện thế:

Điện thế tại M do vô số các nhẫn tròn có bề rộng vô cùng nhỏ dx gây ra.

Điện thế tại M do một nhẫn tròn bề rộng dx gây ra là: theo trường hợp 1 bài này thì:

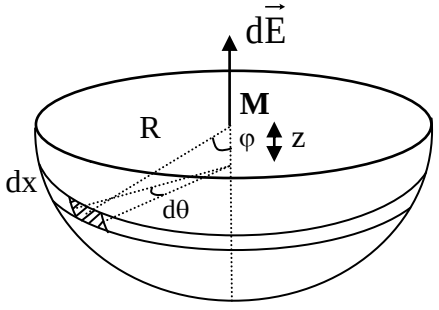
$$dV = \frac{\sigma.2\pi R}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{R^2+x^2}}dx = \frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{R^2+x^2}}dx$$

Điện thế tại M do cả ống trụ gây ra là:

$$V = \int dV = \frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_{z-h}^{z}\frac{dx}{\sqrt{R^2+x^2}} = \frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}\ln\left(x+\sqrt{R^2+x^2}\right)\Bigg|_{z-h}^{z}$$

$$\boxed{V = \frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}\ln\frac{z+\sqrt{R^2+z^2}}{(z-h)+\sqrt{R^2+(z-h)^2}}} \quad (Vol) \qquad (I.66)$$

<u>Trường hợp 3:</u> Bán cầu rỗng có bán kính R, tích điện dương với mật độ điện mặt σ. Điểm M nằm tại tâm của bán cầu.



Điện trường:

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm trên bề mặt của bán cầu.

Chia bán cầu thành các vòng nhẫn tròn có độ rộng dx vô cùng nhỏ. Để tính điện trường tại M do bán cầu rỗng gây ra, ta phải tính điện trường do từng vòng nhẫn tròn có độ rộng dx gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- Điện trường do vòng nhẫn tròn có bề rộng dx gây ra tại M, tâm vòng nhẫn tròn cách M một khoảng z và bán kính vòng nhẫn là r:

+ Có điểm đặt tại điểm M.

+ $d\vec{E}$ có phương và chiều như hình vẽ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$:

Điện tích của vòng nhẫn tròn bề rộng dx là: $dq = \sigma 2\pi r.dx$

Do đó theo trường hợp 1 của bài trước về điện trường do vòng dây tròn tích điện gây ra, ta được:

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\sigma 2\pi r.z}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}dx = \frac{1}{2\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\sigma r z}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}dx$$

- Điện trường do cả bán cầu gây ra tại M:

$$\vec{E} = \int d\vec{E}$$

+ $\vec{E}$ có phương và chiều trùng với $d\vec{E}$

+ Về độ lớn:

$$E = \int dE$$

Ta có: $\begin{cases} dx = Rd\varphi \\ r = R\sin\varphi \\ z = R\cos\varphi \end{cases}$ (với dφ là góc ở tâm mà cung dx chắn)

Do đó:

$$E = \int dE = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{R\sin\varphi.R\cos\varphi.R}{\left(R^2\sin^2\varphi+R^2\cos^2\varphi\right)^{3/2}}d\varphi$$

$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{R^3\sin\varphi.\cos\varphi}{\left[R^2(\sin^2\varphi+\cos^2\varphi)\right]^{3/2}}d\varphi = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin\varphi.\cos\varphi.d\varphi$$

$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin\varphi.d(\sin\varphi) = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\sin^2\varphi}{2}\Bigg|_0^{\frac{\pi}{2}}$$

$$E = \frac{\sigma}{4\varepsilon\varepsilon_0} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.67)$$

Cách khác:

Ta có thể không cần chia thành các vòng nhẫn tròn có bề rộng dx. Đầu tiên tính điện trường do yếu tố vi phân diện tích dS gây ra tại M, sau đó lấy tích phân theo mặt của bán cầu.

- Điện trường do yếu tố vi phân diện tích dS gây ra có độ lớn:

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dq}{R^2}$$

Mà: $dq = \sigma.dx.rd\alpha$ (với α là góc mà dx chắn tâm đường tròn bán kính r)

$$dq = \sigma.Rd\varphi.R\sin\varphi d\alpha = \sigma.R^2\sin\varphi.d\varphi d\alpha$$

Do đó: $$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dq}{R^2} = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}.\sin\varphi.d\varphi d\alpha$$

Khi lấy tích phân trên toàn mặt bán trụ thì sẽ có cả dφ và dα cùng biến thiên. Để tính tích phân 2 lớp này thì phải chuyển về tích phân 1 lớp bằng cách áp dụng hệ quả của định lý Fubini.

Điện trường do cả bán cầu gây ra tại M là:

$$E = \iint_S dE.\cos\varphi = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\iint_S \sin\varphi.\cos\varphi.d\varphi d\alpha$$

$$= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin\varphi.\cos\varphi.d\varphi\int_0^{2\pi}d\alpha = \frac{2\pi\sigma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin\varphi.\cos\varphi.d\varphi$$

$$= \frac{\sigma}{4\varepsilon\varepsilon_0}$$

<u>Điện thế:</u>

Điện thế tại M do vô số các vòng nhẫn tròn có bề rộng vô cùng nhỏ dx gây ra.

Điện thế tại M do một vòng nhẫn tròn bề rộng dx gây ra là: theo trường hợp 1 về điện thế của vòng dây tròn tích điện thì:

$$dV = \frac{\sigma.2\pi r}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{r^2+x^2}}dx = \frac{\sigma r}{2\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{r^2+x^2}}dx$$

Mà: $\begin{cases} dx = Rd\varphi \\ r = R\sin\varphi \\ z = R\cos\varphi \end{cases}$ nên ta có:

$$dV = \frac{\sigma R\sin\varphi}{2\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{R^2\sin^2\varphi + R^2\cos^2\varphi}}Rd\varphi = \frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}\sin\varphi d\varphi$$

Điện thế tại M do cả bán trụ rỗng gây ra là:

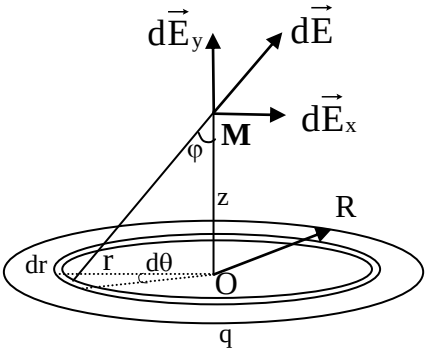
$$V = \int dV = \frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin\varphi d\varphi = -\frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}\cos\varphi\Big|_0^{\frac{\pi}{2}}$$

$$\boxed{V = \frac{\sigma R}{2\varepsilon\varepsilon_0}} \quad (Vol) \quad (I.68)$$

<u>Bài 7:</u> Điện trường và điện thế của đĩa tròn tích điện

Tính điện trường và điện thế tại điểm M.

<u>Trường hợp 1:</u> Đĩa tròn tâm O bán kính R, tích điện dương với mật độ điện mặt σ. Điểm M nằm trên trục của đĩa và cách O một khoảng là z. Xét trường hợp đặc biệt khi z >> R và khi R → ∞



<u>Điện trường:</u>

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm nằm trên diện tích bề mặt của đĩa tròn.

Chia đĩa tròn thành các yếu tố xuyến có độ rộng dr vô cùng nhỏ, bán kính r. Để tính điện trường tại M do đĩa gây ra, ta phải tính điện trường do từng yếu tố xuyến có bề rộng dr gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- Điện trường do yếu tố xuyến có bề rộng dr gây ra tại M, tâm yếu tố xuyến cách M một khoảng z là:

+ Có điểm đặt tại điểm M.

+ $d\vec{E}$ có phương và chiều như hình vẽ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$:

Điện tích của yếu tố xuyến bề rộng dr là: dq = σ2πr.dr (r là bán kính yếu tố xuyến tương ứng)

Do đó theo trường hợp 1 của bài trước về vòng dây tròn tích điện ta được:

$$dE = dE_y = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\sigma 2\pi r.z}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}dr = \frac{1}{2\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\sigma r.z}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}dr$$

- Điện trường do cả đĩa tròn gây ra tại M:

$$\vec{E} = \int\overrightarrow{dE} = \int\overrightarrow{dE_x} + \int\overrightarrow{dE_y}$$

Do tính chất đối xứng của đĩa tròn mà: $\int\overrightarrow{dE_x} = 0$ nên: $\vec{E} = \int\overrightarrow{dE_y}$

+ $\vec{E}$ có phương và chiều trùng với $\overrightarrow{dE_y}$

+ Về độ lớn:

$$E = \int dE_y = \frac{\sigma z}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^R\frac{r}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}dr = \frac{\sigma z}{4\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^R\frac{d(r^2+z^2)}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}$$

$$E = \frac{\sigma z}{4\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{-\frac{1}{2}\sqrt{r^2+z^2}}\right)\Bigg|_0^R = -\frac{\sigma z}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{\sqrt{r^2+z^2}}\right)\Bigg|_0^R$$

$$E = \frac{\sigma z}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{z}-\frac{1}{\sqrt{R^2+z^2}}\right)$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(1-\frac{z}{\sqrt{R^2+z^2}}\right)} \qquad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.69)$$

Khi z >> R thì $\frac{1}{\sqrt{R^2+z^2}} \to \frac{1}{z}\left(1-\frac{R^2}{2z^2}\right)$ và điện trường tại M là: $E = \frac{\sigma R^2}{4\varepsilon\varepsilon_0 z^2}$

Khi đó đĩa tròn tích điện coi như một điện tích điểm gây ra một điện trường ở cách xa vô cùng.

Khi $R \to \infty$ thì $\frac{z}{\sqrt{R^2+z^2}} \to 0$ và điện trường tại M là: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}$. Khi đó đĩa tròn tích điện coi như một mặt phẳng rộng vô hạn.

<u>Điện thế:</u>

Điện thế tại M do vô số các vòng xuyến có bề rộng vô cùng nhỏ dr gây ra.

Điện thế tại M do một vòng xuyến bề rộng dr gây ra là: theo trường hợp 1 của bài trước về điện thế do vòng dây tròn tích điện gây ra thì:

$$dV = \frac{\sigma.2\pi r}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{r^2+z^2}}dr = \frac{\sigma.r}{2\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{r^2+z^2}}dr$$

Điện thế tại M do cả đĩa tròn gây ra là:

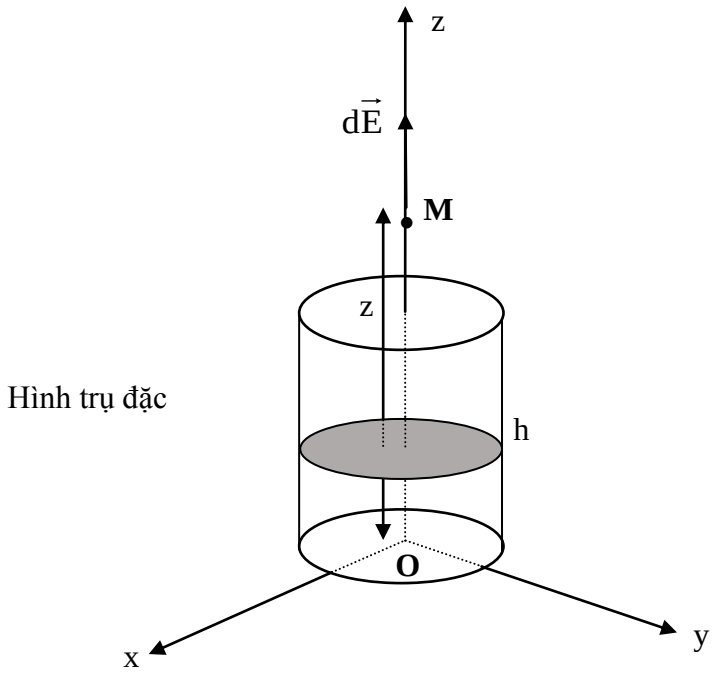
$$V = \int dV = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^R \frac{r\,dr}{\sqrt{r^2+z^2}} = \frac{\sigma}{4\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^R \frac{d(r^2+z^2)}{\sqrt{r^2+z^2}}$$

$$= \frac{\sigma}{4\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{\sqrt{r^2+z^2}}{\frac{1}{2}}\right)\Bigg|_0^R = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\sqrt{r^2+z^2}\right)\Big|_0^R$$

$$V = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\sqrt{R^2+z^2}-z\right) \qquad (Vol) \qquad (I.70)$$

Khi $R \to \infty$ thì $\sqrt{R^2+z^2} \to \infty$ và điện thế tại M là: $V = \infty$. Khi đó đĩa tròn tích điện coi như một mặt phẳng rộng vô hạn gây ra một điện thế ở điểm rất gần bề mặt của nó.

<u>Trường hợp 2:</u> Hình trụ đặc bán kính R, tích điện dương với mật độ điện khối là ρ. Điểm M nằm trên trục của khối trụ và cách tâm của mặt đáy một khoảng là z.



Hình trụ đặc

<u>Điện trường:</u>

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm của khối trụ.

Chia khối trụ thành các đĩa tròn rất mỏng, có độ rộng dx vô cùng nhỏ, khoảng cách từ M tới đĩa tròn là x. Để tính điện trường tại M do khối trụ gây ra, ta phải tính điện trường do từng đĩa tròn có bề rộng dx gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- Điện trường do đĩa tròn có bề rộng dx gây ra tại M:

+ Có điểm đặt tại điểm M.

+ $d\vec{E}$ có phương và chiều như hình vẽ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$:

Điện tích của đĩa tròn bề rộng dx là: $dq = \rho.\pi R^2.dx$

Do đó theo trường hợp 1 của bài này ta được:

$$dE = dE_y = \frac{\rho.dx}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(1-\frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}\right)$$

- Điện trường do cả khối trụ gây ra tại M:

$$\vec{E} = \int\overrightarrow{dE} = \int\overrightarrow{dE_x} + \int\overrightarrow{dE_y}$$

Do tính chất đối xứng trục của khối trụ mà: $\int\overrightarrow{dE_x} = 0$ nên: $\vec{E} = \int\overrightarrow{dE_y}$

+ $\vec{E}$ có phương và chiều trùng với $\overrightarrow{dE}$

+ Về độ lớn:

$$E = \int dE = \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_{z-h}^{z}\left(1-\frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}\right)dx$$

$$= \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\int_{z-h}^{z}dx - \int_{z-h}^{z}\frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}dx\right) = \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\int_{z-h}^{z}dx - \frac{1}{2}\int_{z-h}^{z}\frac{d(R^2+x^2)}{\sqrt{R^2+x^2}}\right)$$

$$= \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(x\Big|_{z-h}^{z} - \sqrt{R^2+x^2}\Big|_{z-h}^{z}\right)$$

$$= \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(z-z+h-\sqrt{R^2+z^2}+\sqrt{R^2+(z-h)^2}\right)$$

$$\boxed{E = \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(h-\sqrt{R^2+z^2}+\sqrt{R^2+(z-h)^2}\right)} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \qquad (I.71)$$

<u>Điện thế:</u>

Điện thế tại M do vô số các đĩa tròn có bề rộng vô cùng nhỏ dx gây ra.

Điện thế tại M do một đĩa tròn bề rộng dx gây ra là: theo trường hợp 1 của bài này thì ta có:

$$dV = \frac{\rho.dx}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\sqrt{R^2+x^2}-x\right)$$

Điện thế tại M do cả khối trụ gây ra là:

$$V = \int dV = \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_{z-h}^{z}\left(\sqrt{R^2+x^2}-x\right)dx$$

$$= \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\int_{z-h}^{z}\sqrt{R^2+x^2}\,dx-\int_{z-h}^{z}x\,dx\right) = \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\int_{z-h}^{z}\sqrt{R^2+x^2}\,dx-\frac{1}{2}x\Big|_{z-h}^{z}\right)$$

$$= \frac{\rho}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\int_{z-h}^{z}\sqrt{R^2+x^2}\,dx-\frac{1}{2}h\right)$$

Tính: $I = \int_{z-h}^{z}\sqrt{R^2+x^2}\,dx$

Đặt: $\begin{cases} u=\sqrt{R^2+x^2} \Rightarrow du=\dfrac{x}{\sqrt{R^2+x^2}} \\ dv=dx \Rightarrow v=x \end{cases}$

Suy ra:

$$I = x\sqrt{R^2+x^2}\Big|_{z-h}^{z}-\int_{z-h}^{z}\frac{x^2}{\sqrt{R^2+x^2}}dx$$

$$= x\sqrt{R^2+x^2}\Big|_{z-h}^{z}-\int_{z-h}^{z}\frac{x^2+R^2-R^2}{\sqrt{R^2+x^2}}dx$$

$$= x\sqrt{R^2+x^2}\Big|_{z-h}^{z}-\int_{z-h}^{z}\sqrt{R^2+x^2}dx+\int_{z-h}^{z}\frac{R^2}{\sqrt{R^2+x^2}}dx$$

$$2I = x\sqrt{R^2+x^2}\Big|_{z-h}^{z}+\int_{z-h}^{z}\frac{R^2}{\sqrt{R^2+x^2}}dx$$

$$2I = x\sqrt{R^2+x^2}\Big|_{z-h}^{z}+R^2\ln\left(x+\sqrt{R^2+x^2}\right)\Big|_{z-h}^{z}$$

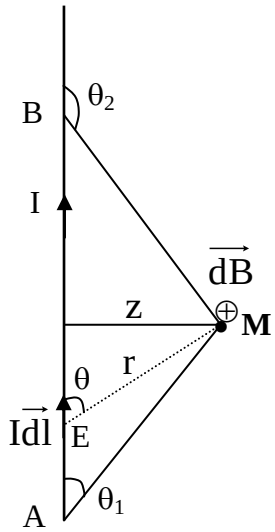
$$I = \frac{1}{2}\left(z\sqrt{R^2+z^2}-(z-h)\sqrt{R^2+(z-h)^2}+R^2\ln\frac{z+\sqrt{R^2+z^2}}{(z-h)+\sqrt{R^2+(z-h)^2}}\right)$$

$$\boxed{V = \frac{\rho}{4\varepsilon\varepsilon_0}\left(z\sqrt{R^2+z^2}-(z-h)\sqrt{R^2+(z-h)^2}+R^2\ln\frac{z+\sqrt{R^2+z^2}}{(z-h)+\sqrt{R^2+(z-h)^2}}-h\right)}$$

(Vol) (I.72)

(kết quả lằng nhằng quá, không biết tính toán có đúng không)

<u>Bài 8:</u> Xác định véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do một dây dẫn thẳng dài có dòng I chạy qua tại điểm M cách dây một khoảng là z.



Cảm ứng từ tại điểm M gây ra bởi dòng điện thẳng AB được xác định bằng cảm ứng từ tổng hợp gây ra bởi các yếu tố dòng điện $\vec{Idl}$ trên dòng điện thẳng đó.

- *Cảm ứng từ tại M do yếu tố dòng điện* $\vec{Idl}$ *gây ra là một đại lượng vécto* $\vec{dB}$ *được xác định theo định luật Biot – Savart – Laplace:*

+ Có phương vuông góc với mặt phẳng chứa $\vec{Idl}$ và $\vec{EM}$

+ Có chiều sao cho $\vec{Idl}$, $\vec{EM}$ và $\vec{dB}$ tạo thành một tam diện thuận.

Muốn xác định chiều của $\vec{dB}$ ta sử dụng quy tắc vặn đinh ốc (dễ sử dụng hơn quy tắc bàn tay phải). Đặt đầu nhọn của đinh ốc tại điểm M sao cho đinh ốc vuông góc với mặt phẳng chứa $\vec{Idl}$ và $\vec{EM}$ (hãy tưởng tượng theo hình học không gian). Xoay đinh ốc sao cho chiều quay của đinh ốc từ véctơ $\vec{Idl}$ đến véctơ $\vec{EM}$ thì chiều chuyển động tịnh tiến của đinh ốc sẽ là chiều của véc tơ $\vec{dB}$.

Khi ta xoay đinh ốc mà muốn biết đinh ốc sẽ chuyển động tịnh tiến theo hướng nào thì dựa vào quy ước: nếu đinh ốc quay cùng chiều kim đồng hồ (nhìn từ đầu to đến đầu nhọn của đinh) thì đinh ốc sẽ chuyển động tịnh tiến về phía trước và ngược lại. Như vậy, ở trường hợp trên ta đã xoay đinh ốc cùng chiều kim đồng hồ nên đinh ốc sẽ chuyển động tịnh tiến theo hướng từ ngoài xuyên vào trong trang giấy.

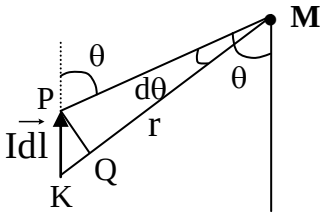
Để dễ hình dung chiều chuyển động của đinh ốc các bạn làm thử nghiệm sau: dùng tô vít xoáy đinh ốc vào một cánh cửa bằng gỗ. Khi ta xoay tô vít theo chiều kim đồng hồ thì đinh ốc sẽ đi sâu vào cánh cửa. Muốn lấy đinh ốc ra ta phải xoay tô vít ngược chiều kim đồng hồ.

<u>Lưu ý:</u> Trong thực tế có một vài đinh ốc khi xoay ngược chiều kim đồng hồ thì nó sẽ chuyển động tịnh tiến về phía trước và ngược lại: van bình gas, ốc giữ cánh quạt khi quay,…. Nhưng quy tắc vặn đinh ốc mà chúng ta sử dụng chỉ tuân theo quy ước ở trên.

+ Độ lớn:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Idl\sin\theta}{EM^2} \qquad \text{với } \theta = \left(\vec{Idl}, \overrightarrow{EM}\right)$$

Độ dài của yếu tố vi phân dl tính theo góc θ là:



Do độ dài dl vô cùng nhỏ nên có thể coi góc $PKQ = \theta$. Khi đó dl là cạnh huyền của tam giác PKQ nên: $dl = \frac{PQ}{\sin\theta}$

Do góc dθ vô cùng nhỏ nên có thể coi PQ là cung tròn của đường tròn tâm M bán kính r. Khi đó: PQ = r.dθ

Suy ra: $dl = \frac{rd\theta}{\sin\theta} = \frac{zd\theta}{\sin^2\theta}$. Mà $EM = \frac{z}{\sin\theta}$

Vậy: $dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{EM^2} = \frac{Izd\theta\sin\theta}{\sin^2\theta\frac{z^2}{\sin^2\theta}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi z}\sin\theta\, d\theta$

- *Cảm ứng từ tại M do dòng điện thẳng gây ra là* $\vec{B}$*:*

$$\vec{B} = \int \overrightarrow{dB}$$

+ $\vec{B}$ có điểm đặt tại M.

+ $\vec{B}$ có phương và chiều trùng với phương và chiều của $\overrightarrow{dB}$

+ Độ lớn:

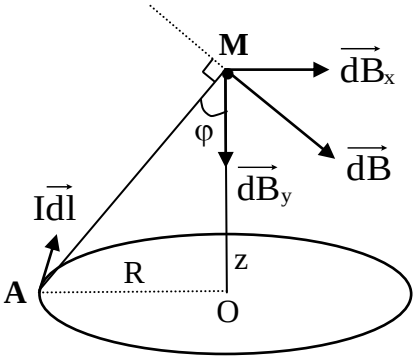
$$B = \int dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi z}\int_{\theta_1}^{\theta_2}\sin\theta\, d\theta = -\frac{\mu_0 I}{4\pi z}\cos\theta\Big|_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{4\pi z}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)} \quad \text{(Tesla)} \qquad \text{(I.73)}$$

Khi dây dẫn dài vô hạn thì $\theta_1 \to 0^0$ và $\theta_2 \to 180^0$. Khi đó, cảm ứng từ do dây dẫn dài vô hạn gây ra tại M cách dây một khoảng z là:

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2\pi z}} \quad \text{(Tesla)} \qquad \text{(I.74)}$$

<u>Bài 9:</u> Xác định véctơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do một dòng điện tròn tâm O bán kính R, cường độ I gây ra tại điểm M nằm trên trục của vòng dây tròn và cách O một khoảng là z. Tìm cảm ứng từ tại tâm O của vòng dây tròn.



Cảm ứng từ tại điểm M gây ra bởi dòng điện tròn được xác định bằng cảm ứng từ tổng hợp gây ra bởi các yếu tố dòng điện $I\vec{dl}$ trên dòng điện tròn đó.

- Cảm ứng từ tại M do yếu tố dòng điện $I\vec{dl}$ gây ra là một đại lượng véctơ $\overrightarrow{dB}$ được xác định theo định luật Biot – Savart – Laplace:

+ Có phương vuông góc với mặt phẳng chứa $I\vec{dl}$ và $\overrightarrow{AM}$

+ Có chiều sao cho $I\vec{dl}$, $\overrightarrow{AM}$ và $\overrightarrow{dB}$ tạo thành một tam diện thuận.

+ Độ lớn:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Idl\sin\theta}{AM^2} \qquad \text{với } \theta = \left(I\vec{dl}, \overrightarrow{AM}\right) = 90^0$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Idl}{R^2+z^2}$$

- Cảm ứng từ tại M do dòng điện tròn gây ra là $\vec{B}$:

$$\vec{B} = \int\overrightarrow{dB} = \int\overrightarrow{dB_x} + \int\overrightarrow{dB_y}$$

Do tính chất đối xứng của dòng điện tròn mà $\int\overrightarrow{dB_x} = 0$ nên: $\vec{B} = \int\overrightarrow{dB_y}$

+ $\vec{B}$ có điểm đặt tại M.

+ $\vec{B}$ có phương vuông góc với vòng điện tròn tại tâm O.

+ $\vec{B}$ có chiều trùng với chiều của $\overrightarrow{dB_y}$ từ M tới O.

+ Độ lớn:

$$B = \int dB_y = \int dB.\sin\varphi = \frac{\mu_0}{4\pi}\int_0^{2\pi R}\frac{Idl}{R^2+z^2}\sin\varphi$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi}\int_0^{2\pi R}\frac{Idl}{R^2+z^2}\frac{R}{\sqrt{R^2+z^2}} = \frac{\mu_0 RI}{4\pi\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\int_0^{2\pi R}dl$$

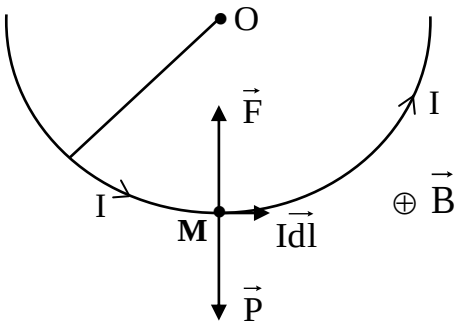
$$= \frac{\mu_0 RI}{4\pi\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}.2\pi R$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 R^2 I}{2\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}} \quad \text{(Tesla)} \qquad \text{(I.75)}$$

Khi $z \to 0$ thì $\left(R^2+z^2\right)^{3/2} \to R^3$ và cảm ứng từ tại tâm O của dòng điện tròn là:

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2R}} \quad \text{(Tesla)} \qquad \text{(I.76)}$$

<u>Bài 10:</u> Nửa vòng dây dẫn điện bán kính R = 0,49m và khối lượng m = 250g, có dòng điện I = 25A chạy qua (hình vẽ). Hỏi cần một từ trường $\vec{B}$ có hướng và độ lớn như thế nào để nửa vòng dây trên lơ lửng trong không gian.



- Nửa vòng dây lơ lửng trong không gian thì nó phải cân bằng về lực, hay tổng các véctơ lực tác dụng vào nó bằng 0.

Nửa vòng dây có khối lượng m nên nó chịu tác dụng của trọng lực:

$\vec{P} = m\vec{g}$ (với $\vec{g}$ là gia tốc trọng trường)

Độ lớn: P = mg = 10m (lấy $g \approx 10\ m/s^2$)

- Nửa vòng dây lơ lửng khi từ trường tác dụng lực từ lên nửa vòng dây và lực này có độ lớn bằng trọng lực P, có phương trùng với phương của trọng lực và có chiều hướng lên trên. Tức là $\vec{F}$ có phương và chiều như hình vẽ:

Giả sử rằng từ trường ngoài là từ trường đều. Tại điểm M, để cho $I\vec{dl}, \vec{B}, \vec{F}$ tạo thành một tam diện thuận thì $\vec{B}$ phải có phương vuông góc với mặt phẳng giấy và chiều đi từ ngoài xuyên vào trong tờ giấy.

- Khi có từ trường $\vec{B}$ thì từ trường sẽ tác dụng lực từ lên nửa vòng dây, lực từ có độ lớn là:

$$F = \int dF = \int_0^{\pi R} I\,dl\,B.\sin\theta \qquad \text{với } \theta = \left(\vec{dl}, \vec{B}\right) = 90^0$$

$$= IB.\pi R$$

- Vậy khi nửa vòng dây lơ lửng thì:

$$\vec{F} = -\vec{P}$$

+ Độ lớn:

$$F = P$$

$$\Leftrightarrow mg = IB.\pi R$$

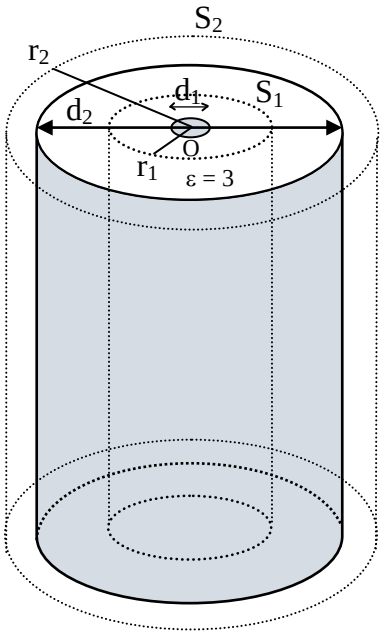
$$\boxed{B = \frac{mg}{I.\pi R}} \qquad (I.77)$$

$$\Leftrightarrow B = \frac{0,25.10}{25.\ 3,14159.\ 0,49} = 0,065 \quad (T)$$

<u>Bài 11:</u> Một dây cáp đồng trục có đường kính trong d_1 = 2mm vỏ ngoài bọc chì đường kính d_2 = 8 cm, ở giữa lõi và vỏ bọc là chất điện môi có hằng số điện môi ε = 3. Trong lõi và vỏ bọc tích điện trái dấu nhau với mật độ điện dài $\lambda = 3,14.10^{-4}$ C/m. Hãy xác định cường độ điện trường tại các điểm cách trục một khoảng:

(a) r_1 = 3 cm.

(b) r_2 = 10 cm.



Giả sử dây cáp đồng trục rất dài, lõi giữa tích điện dương và vỏ bọc tích điện âm.

Phần (a):

Xác định cường độ điện trường tại điểm M_1 cách trục của dây cáp một khoảng là $r_1 = 3cm$.

Do cả lõi giữa và vỏ bọc đều là các vật dẫn nên cường độ điện trường trong lòng vật dẫn rỗng bằng 0. Vì vậy, điểm M_1 nằm giữa hai vật dẫn nhưng chỉ chịu tác dụng của điện trường do lõi gây ra.

Do tính chất đối xứng trục của dây cáp nên cường độ điện trường tại các điểm nằm trên mặt trụ có trục là trục của dây cáp thì có độ lớn bằng nhau:

- *Cường độ điện trường* $\vec{E}_1$ *tại điểm* M_1*:*

+ Có phương nằm trên đường nối M_1 với tâm O.

+ Có chiều từ O tới M_1 (do lõi tích điện dương).

+ Độ lớn:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_1, có trục là trục của dây cáp và chứa điểm M_1. Áp dụng định lý O – G trong điện trường ta có: Thông lượng điện trường gửi qua mặt kín S_1 bằng tổng đại số các điện tích nằm trong mặt kín S_1 chia cho hằng số điện môi.

Biểu thức:

$$\phi_1 = \int_{S_1} \vec{E}_1 \overrightarrow{dS} = \frac{Q_1}{\varepsilon \varepsilon_0} \quad (Q_1 \text{ là tổng đại số điện tích trong mặt kín } S_1)$$

$$\Leftrightarrow \int_{\text{xung quanh} S_1} E_1 dS = \frac{Q_1}{\varepsilon \varepsilon_0} \quad \text{(vì không có điện thông qua hai mặt đáy)}$$

$$\Leftrightarrow E_1 \int_{\text{xung quanh} S_1} dS = \frac{Q_1}{\varepsilon \varepsilon_0} \quad \text{(vì } E_1 \text{ bằng nhau tại mọi điểm trên mặt xung quanh)}$$

$$\Leftrightarrow E_1 2\pi r_1 h = \frac{\lambda . h}{\varepsilon \varepsilon_0} \quad \text{(với h là chiều dài cáp điện)}$$

$$\Leftrightarrow E_1 = \frac{\lambda}{2\pi r_1 \varepsilon \varepsilon_0} \quad \text{(I.78)}$$

$$\Leftrightarrow E_1 = \frac{3,14.10^{-4}}{2.3,14.0,03.3.8,85.10^{-12}} = 6,28.10^7 \left(\frac{N}{C}\right)$$

Phần (b):

Xác định cường độ điện trường tại điểm M_2 cách trục của dây cáp một khoảng là $r_1 = 10$ cm.

Do cả lõi giữa và vỏ bọc đều là các vật dẫn nên cường độ điện trường trong lòng vật dẫn rỗng bằng 0. Vì vậy, điểm M_2 nằm ngoài vỏ bọc nên không chịu tác dụng của điện trường do lõi giữa gây ra. (đường sức bị gián đoạn tại nơi có điện tích)

Do tính chất đối xứng trục của dây cáp nên cường độ điện trường tại các điểm nằm trên cùng mặt trụ có trục là trục của dây cáp thì có độ lớn bằng nhau:

- *Cường độ điện trường* $\vec{E}_2$ *tại điểm* M_2*:*

+ Có phương nằm trên đường nối M_2 với tâm O.

+ Có chiều từ M_2 tới O (do vỏ tích điện âm).

+ Độ lớn:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_2, có trục là trục của dây cáp và chứa điểm M_2. Áp dụng định lý O – G trong điện trường ta có: Thông lượng điện trường gửi qua mặt kín S_2 bằng tổng đại số các điện tích nằm trong mặt kín S_2 chia cho hằng số điện môi.

Biểu thức:

$$\phi_2 = \int_{S_2} \vec{E}_2 \vec{dS} = \frac{Q_2}{\varepsilon\varepsilon_0}$$ (Q_2 là tổng đại số điện tích trong mặt kín S_2)

$$\Leftrightarrow \int_{\text{xung quanh} S_2} E_2 dS = \frac{Q_2}{\varepsilon\varepsilon_0}$$ (vì không có điện thông qua hai mặt đáy)

$$\Leftrightarrow E_2 \int_{\text{xung quanh} S_2} dS = \frac{Q_2}{\varepsilon\varepsilon_0}$$ (vì E_2 bằng nhau tại mọi điểm trên mặt xung quanh)

$$\Leftrightarrow E_2 2\pi r_2 h = \frac{\lambda.h}{\varepsilon\varepsilon_0}$$ (với h là chiều dài cáp điện)

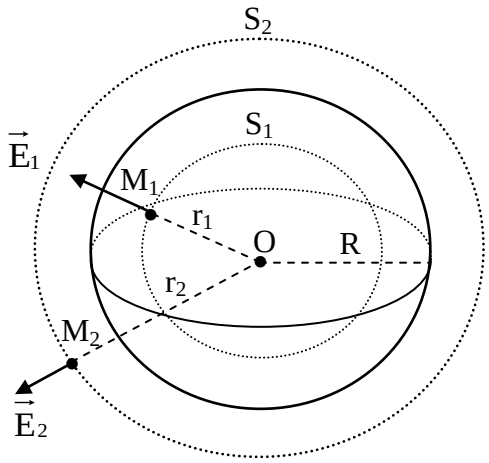
$$\Leftrightarrow E_2 = \frac{\lambda}{2\pi r_2 \varepsilon\varepsilon_0}$$ (I.79)

$$\Leftrightarrow E_2 = \frac{3,14.10^{-4}}{2.3,14.0,1.3.8,85.10^{-12}} = 1,88.10^7 \left(\frac{N}{C}\right)$$

<u>Bài 12:</u> Cho quả cầu không dẫn điện tâm O, bán kính R = 15 cm được tích điện đều với mật độ điện tích khối $\rho = 1,699.10^{-7}$ C/m^3, được đặt trong chân không.

(1) Xác định cường độ điện trường tại điểm M cách tâm O một đoạn: (a) r_1 = 10 cm; (b) r_2 = 30 cm.

(2) Lấy điện thế tại vô cùng bằng 0. Xác định điện thế tại P cách tâm 20 cm.



Phần (1a): Xác định cường độ điện trường $\vec{E}_1$ tại điểm M_1 cách O một khoảng 10 cm:

Do tính chất đối xứng của quả cầu tích điện nên cường độ điện trường tại các điểm nằm trên cùng một mặt cầu tâm O bán kính bất kỳ thì có độ lớn bằng nhau.

+ $\vec{E}_1$ có phương nằm trên đường thẳng M_1O.

+ $\vec{E}_1$ có chiều từ O tới M_1.

+ Độ lớn:

- Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_1 tâm O bán kính r_1. Áp dụng định lý O – G (đối với điện trường) ta có: Từ thông gửi qua mặt cầu kín S_1 bằng tổng đại số điện tích nằm trong mặt kín đó chia cho hằng số điện môi ε_0.

- Biểu thức:

$$\phi_1 = \int_{S_1} \vec{E}_1 \overrightarrow{dS} = \frac{Q_1}{\varepsilon_0}$$

(với Q_1 là tổng điện tích nằm trong khối cầu bán kính r_1)

$$\Leftrightarrow \int_{S_1} E_1 dS = \frac{Q_1}{\varepsilon_0}$$

$$\Leftrightarrow E_1 \int_{S_1} dS = \frac{Q_1}{\varepsilon_0} \quad \text{(do } E_1 \text{ bằng nhau tại mọi điểm trên mặt cầu } S_1\text{)}$$

$$\Leftrightarrow E_1 4\pi r_1^2 = \frac{\rho . \frac{4}{3}\pi r_1^3}{\varepsilon_0}$$

$$\Leftrightarrow E_1 = \frac{\rho r_1}{3\varepsilon_0} \qquad \text{(I.80)}$$

$$\Leftrightarrow E_1 = \frac{1{,}699.10^{-7}.0{,}1}{3.8{,}85.10^{-12}} = 640 \quad \left(\frac{N}{C}\right)$$

Phần (1b): Xác định cường độ điện trường $\vec{E}_2$ tại điểm M_2 cách O một khoảng 30 cm:

Do tính chất đối xứng của quả cầu tích điện nên cường độ điện trường tại các điểm nằm trên cùng một mặt cầu tâm O bán kính bất kỳ thì có độ lớn bằng nhau.

+ $\vec{E}_2$ có phương nằm trên đường thẳng M_2O.

+ $\vec{E}_2$ có chiều từ O tới M_2.

+ Độ lớn:

- Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_2 tâm O bán kính r_2. Áp dụng định lý O – G (đối với điện trường) ta có: Từ thông gửi qua mặt cầu kín S_2 bằng tổng đại số điện tích nằm trong mặt kín đó chia cho hằng số điện môi ε_0.

- Biểu thức:

$$\phi_1 = \int_{S_2} \vec{E}_2 \overrightarrow{dS} = \frac{Q_2}{\varepsilon_0}$$

(với Q_2 là tổng điện tích nằm trong khối cầu bán kính r_2)

$$\Leftrightarrow \int_{S_2} E_2 dS = \frac{Q_2}{\varepsilon_0}$$

$$\Leftrightarrow E_2 \int_{S_2} dS = \frac{Q_2}{\varepsilon_0} \quad \text{(do } E_2 \text{ bằng nhau tại mọi điểm trên mặt cầu } S_2\text{)}$$

$$\Leftrightarrow E_2 4\pi r_2^2 = \frac{\rho . \frac{4}{3}\pi R^3}{\varepsilon_0}$$

$$\Leftrightarrow E_2 = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r_2^2} \qquad \text{(I.81)}$$

$$\Leftrightarrow E_2 = \frac{1{,}699.10^{-7}.0{,}15^3}{3.8{,}85.10^{-12}.0{,}3^2} = 239{,}97 \quad \left(\frac{N}{C}\right)$$

Phần (2): Điện thế gây ra tại P cách O một khoảng là 20 cm.

Điện thế tại P bằng công mà lực điện trường làm dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ điểm P ra xa vô cùng.

Theo phần (1b) thì điện trường tại một điểm ngoài quả cầu và cách O một khoảng x có độ lớn là:

$$E = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 x^2}$$

Do đó, điện thế tại P là:

$$V = \int_{0,2}^{\infty} \vec{E}\overrightarrow{dx} = \int_{0,2}^{\infty} E.dx$$ (trong đó dx là vi phân quãng đường dịch chuyển).

$$V = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0}\int_{0,2}^{\infty}\frac{dx}{x^2} = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0}\frac{1}{0,2}$$

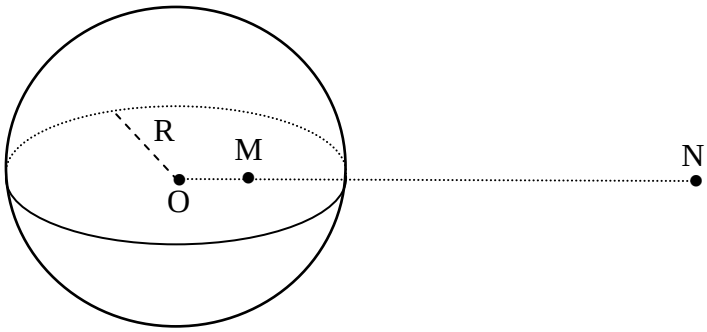
$$V = \frac{1,699.10^{-7}.0,15^3}{3.8,85.10^{-12}.0,2} = 108 \quad (V)$$

<u>Bài 13:</u> Một quả cầu kim loại tâm O, bán kính R = 15 cm. Lấy điện thế tại vô cùng bằng 0, tích điện cho quả cầu đến hiệu điện thế 1500V. Hãy xác định:

(a) Điện tích và mật độ điện tích trên mặt quả cầu.

(b) Cường độ điện trường, hiệu điện thế tại các điểm M và N lần lượt cách tâm O một khoảng là 5 cm và 45 cm.

(c) Mật độ điện trường tại các điểm M, N.



<u>Phần (a):</u>

- *Điện dung của quả cầu tích điện bán kính R là:*

$$C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R = 4\pi.8,85.10^{-12}.0,15$$

- Điện dung của vật dẫn bằng số điện tích cần truyền cho vật để vật dẫn tăng lên 1V. Do đó ta có:

$$V = \frac{Q}{C}$$

$$Q = C.V = 4\pi.8,85.10^{-12}.0,15.1500$$

$$= 2,5.10^{-8} \quad (\text{Coulumb})$$

- *Mật độ điện tích trên quả cầu là:*

$\frac{Q}{S}$ (với S là diện tích mặt cầu)

$$= \frac{Q}{4\pi.R^2} = \frac{2,5.10^{-8}}{4\pi.0,15^2} = 8,84.10^{-8} \ (C/m^2)$$

Phần (b):

- Điện trường, điện thế tại M nằm trong quả cầu, bán kính r_M = 5cm:

+ Vì quả cầu là vật dẫn nên điện trường tại mọi điểm trong lòng vật dẫn bằng 0.

$$\vec{E}_M = \vec{0}$$

+ Vật dẫn cân bằng tĩnh điện là một khối đẳng thế nên điện thế tại M bằng với điện thế tại điểm nằm ngay sát mặt cầu.

$$V_M = \frac{Q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R} = \frac{2,5.10^{-8}}{4\pi.8,85.10^{-12}.0,15} = 1498,6 \quad (\text{Vol})$$

- Điện trường, điện thế tại N nằm ngoài quả cầu, bán kính r_N = 45cm:

+ Cường độ điện trường và điện thế do một quả cầu mang điện gây ra tại một điểm nằm ngoài quả cầu bằng cường độ điện trường và điện thế gây bởi một điện tích điểm có điện tích bằng điện tích của quả cầu và đặt tại tâm quả cầu đó.

Cường độ điện trường tại N:

$$E_N = \frac{Q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_N^2} = \frac{2,5.10^{-8}}{4\pi.8,85.10^{-12}.0,45^2} = 1110,1 \quad \left(\frac{N}{C}\right)$$

Điện thế tại N:

$$V_N = \frac{Q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_N} = \frac{2,5.10^{-8}}{4\pi.8,85.10^{-12}.0,45} = 499,5 \quad (\text{Vol})$$

Phần (c):

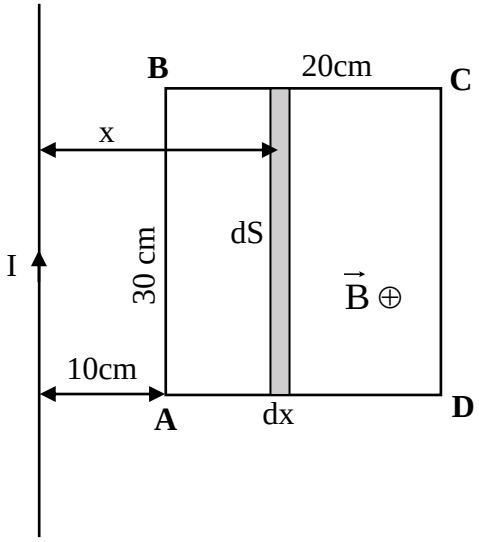
- Mật độ điện trường tại M, bán kính r_M = 5cm:

Do không có năng lượng điện trường trong lòng vật dẫn rỗng nên mật độ năng lượng điện trường tại M bằng 0.

- Mật độ điện trường tại N, bán kính r_N = 45cm:

$$w_N = \frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0 E_N^2 = \frac{1}{2}.8,85.10^{-12}.1110,1^2$$
$$= 5,45.10^{-6} \quad \left(\frac{J}{m^3}\right)$$

<u>Bài 14:</u> Một dòng điện thẳng dài vô hạn có dòng điện không đổi 1A chạy qua. Một khung dây hình chữ nhật ABCD đặt trong mặt phẳng đi qua dòng điện. Cho cạnh AB = 30cm, BC = 20cm. Đoạn AB song song với dòng điện, cách dòng điện 10cm. Hãy xác định từ thông đi qua cuôn dây. Cho hằng số từ thẩm của môi trường bằng 1.



Cảm ứng từ do dòng điện dài vô hạn gây ra tại một điểm cách dây một khoảng x là $\vec{B}$ có phương vuông góc với mặt phẳng giấy và có chiều đi từ ngoài vào trong trang giấy (được xác định dựa vào định luật Biot – Savart – Laplace cho từng yếu tố $\vec{Idl}$).

Từ thông (thông lượng từ trường) đi qua khung dây là:

$$\phi = \int_{ABCD} \vec{B}.\vec{dS}$$

Ta có: tại các điểm nằm trên đường thẳng song song với dây dẫn thì cảm ứng từ có độ lớn bằng nhau. Và ta chọn chiều của véctơ pháp tuyến $\vec{dS}$ đi từ ngoài xuyên vào trong trang giấy.

(có thể chọn theo chiều ngược lại, vì mặt S là mặt hở. Nếu mặt S là mặt kín thì nhất định phải chọn chiều véctơ pháp tuyến từ trong ra ngoài)

Chọn yếu tố diện tích dS có bề rộng dx vô cùng nhỏ, nhỏ tới mức cảm ứng từ tại mọi điểm trên yếu tố dS đó có độ lớn bằng nhau. Khoảng cách từ dS tới dây dẫn là x.

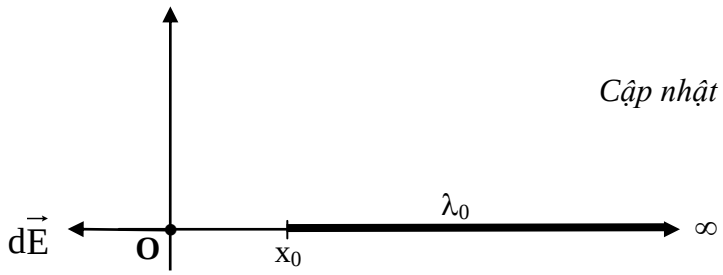
Do đó:

$$\phi = \int_{S} B.dS \qquad \text{(vì góc giữa } \vec{B} \text{ và } \vec{dS} \text{ bằng 0)}$$

$$\phi = \int_{0,1}^{0,3} \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi x}.ABdx = \frac{\mu\mu_0 I.AB}{2\pi}\int_{0,1}^{0,3}\frac{dx}{x} = \frac{\mu\mu_0 I.AB}{2\pi}.\ln x\Big|_{0,1}^{0,3}$$

$$\phi = \frac{1.1.1{,}26.10^{-6}.0{,}3}{2\pi}\ln\frac{0{,}3}{0{,}1} = 3{,}15.10^{-8}$$

<u>Bài 15:</u> Một dây tích điện liên tục nằm dọc theo trục Ox từ điểm $x = x_0$ đến $+\infty$. Mật độ điện tích dài trên dây là λ_0. Tính cường độ điện trường và điện thế tại gốc tọa độ O.



Điện trường tại O:

Điện trường tại O do tất cả các điện tích nằm trên dây tích điện gây ra. Giả sử dây tích điện dương.

Chia sợi dây thành những yếu tố vi phân vô cùng nhỏ có độ dài dx và cách gốc tọa độ một khoảng là x.

- Điện trường do yếu tố dx gây ra tại O:

+ $\overrightarrow{dE}$ có phương theo trục Ox.

+ $\overrightarrow{dE}$ có chiều ngược với tia Ox.

+ Độ lớn:

$$dE = \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 x^2} = \frac{\lambda_0 dx}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$$

- Điện trường do cả đoạn dây dài gây ra tại O.

$$E = \int dE = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\int_{x_0}^{\infty}\frac{dx}{x^2} = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{-1}{x}\right)\Bigg|_{x_0}^{\infty}$$

$$= \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0 x_0}$$

Điện thế tại O:

Điện thế tại O là công mà lực điện trường thực hiện để chuyển một đơn vị điện tích dương từ O ra xa vô cùng.

- Điện thế tại O do một yếu tố dx gây ra là:

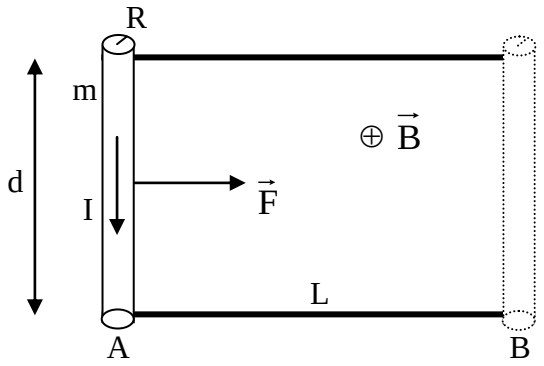
$$dV = \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 x} = \frac{\lambda_0 dx}{4\pi\varepsilon_0 x}$$

- Điện thế tại O do cả dây dẫn gây ra là:

$$V = \int dV = \frac{\lambda_0}{4\pi\varepsilon_0}\int_{x_0}^{\infty}\frac{dx}{x}$$

$V = \infty$ (vì tích phân trên là phân kỳ)

<u>Bài 16:</u> Một thanh dẫn hình trụ, khối lượng 0.72 kg, bán kính tiết diện 6 cm, có dòng điện I = 48A chạy qua theo chiều mũi tên, nằm trên hai thanh ray có độ dài L = 45 cm đặt song song và cách nhau một khoảng d = 12 cm. Toàn bộ hệ được đặt trong một từ trường đều có độ lớn 0.24 T, hướng vuông góc với mặt phẳng chứa thanh dẫn và thanh ray. Thanh dẫn đứng yên ở một đầu của ray và bắt đầu lăn không trượt theo ray. Tính tốc độ của thanh dẫn tại thời điểm rời khỏi đầu kia của ray.



- Khi thanh dẫn hình trụ được đặt trong từ trường $\vec{B}$ thì từ trường sẽ tác dụng lực từ $\vec{F}$ lên thanh. Lực từ $\vec{F}$ được xác định như sau (tính theo định luật Ampere):

+ $\vec{F}$ có phương vuông góc với mặt phẳng chứa $Id\vec{l}$ và $\vec{B}$.

+ $\vec{F}$ có chiều sao cho $Id\vec{l}$, $\vec{B}$ và $\vec{F}$ tạo thành tam diện thuận như hình vẽ (quy tắc vặn đinh ốc hoặc quy tắc bàn tay phải).

+ Độ lớn:

$$F = I\int dl.B.\sin\alpha = I\int B.dl \qquad \text{(do góc } \alpha \text{ giữa } Id\vec{l} \text{ và } \vec{B} \text{ bằng } \pi/2)$$

$$F = IBd$$

- Dưới tác dụng của lực F thì thanh dẫn hình trụ lăn không trượt từ đầu A đến đầu B của thanh ray. Giả sử ma sát lăn không đáng kể và toàn bộ hệ được đặt trong chân không.

Áp dụng định lý về động năng ta có: Độ tăng động năng của vật trong một khoảng thời gian bằng công của lực đặt vào vật trong khoảng thời gian đó. Do đó:

Công của lực F = Độ tăng động năng của chuyển động tịnh tiến + Độ tăng động năng chuyển động quay của thanh trụ.

$$FL = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{2}I\omega^2$$

(với I là mô men quán tính của thanh trụ đối với trục quay, ω là vận tốc góc)

$$FL = \frac{mv^2}{2} + \sum\frac{1}{2}m_i r_i^2\omega^2$$

(trong đó m_i và r_i là khối lượng và bán kính quay của chất điểm thứ i trong thanh trụ)

$$FL = \frac{mv^2}{2} + \frac{\omega^2}{2}\sum m_i r_i^2$$

Mà: $\sum m_i r_i^2 = \int_0^R \frac{m}{2\pi Rd}.2\pi r d.r^2.dr$ (Mật độ khối lượng x Vi phân thể tích)

$$\sum m_i r_i^2 = \frac{m}{R}\int_0^R r^3.dr = \frac{m}{R}\frac{r^4}{4}\Big|_0^R = \frac{mR^3}{4}$$

Ta lại có: $\omega = \frac{v}{R}$

Suy ra: $FL = \frac{mv^2}{2} + \frac{v^2}{2R^2}\frac{mR^3}{4} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2R}{8} = v^2\left(\frac{m}{2} + \frac{mR}{8}\right)$

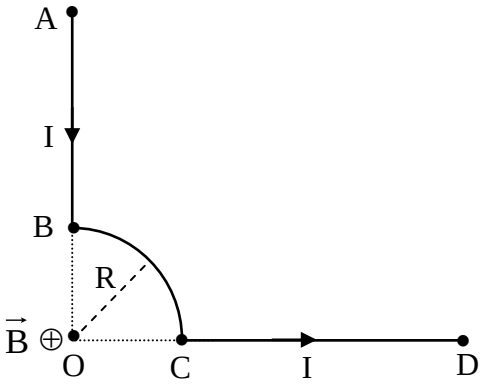
Vậy:

$$v = \sqrt{\frac{FL}{\left(\frac{m}{2} + \frac{mR}{8}\right)}} = \sqrt{\frac{8FL}{m(4+R)}}$$

$$v = \sqrt{\frac{8.I.B.d.L}{m(4+R)}} = \sqrt{\frac{8.48.0,24.0,12.0,45}{0,72(4+0,06)}}$$

$$v \approx 1,3 \quad \text{(m/s)}$$

<u>Bài 17:</u> Một dây dẫn được uốn như hình vẽ, có dòng I = 5A chạy qua. Bán kính cung tròn là R = 3 cm. Xác định độ lớn và hướng của cảm ứng từ tại tâm của cung tròn.



Cảm ứng từ (cường độ từ trường) $\vec{B}$ do cả dây dẫn ABCD gây ra tại điểm O. Áp dụng định luật B – S – L để tính từ trường do một phần tử dòng $Id\vec{l}$ gây ra và lấy tích phân trên toàn bộ dây dẫn ta được:

$$\vec{B} = \int_A^D \vec{dB} = \int_A^B \vec{dB} + \int_B^C \vec{dB} + \int_C^D \vec{dB}$$

$\vec{B} = \int_B^C \vec{dB}$ (vì trên đoạn AB và CD thì $I\vec{dl}$ cùng phương với $\vec{r}$, r là khoảng cách từ Idl tới O)

+ $\vec{B}$ có phương nằm trên đường thẳng vuông góc với mặt phẳng giấy.

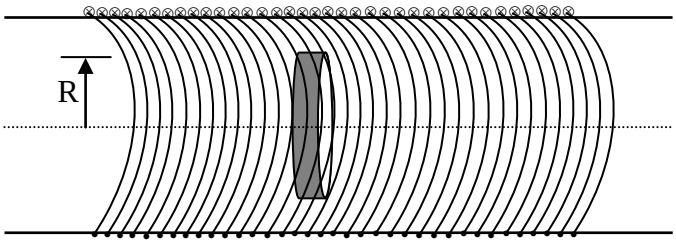
+ $\vec{B}$ có chiều đi từ ngoài vào trong trang giấy (quy tắc vặn đinh ốc).

+ Độ lớn:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\int_0^{\frac{\pi R}{2}} \frac{Idl}{R^2} \qquad (\text{do } I\vec{dl} \perp \vec{R})$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}\int_0^{\frac{\pi R}{2}} dl = \frac{\mu_0 I}{8R} = \frac{1{,}26.10^{-6}.5}{8.0{,}03} = 2{,}625.10^{-5} \ (T)$$

<u>Bài 18:</u> Một solenoid với n = 400 vòng/m có dòng điện biến thiên I = 30(1 – $e^{-1.6t}$) A chạy qua. Một cuộn dây có tổng cộng N = 250 vòng, bán kính 6cm được đặt đồng trục vào trong lòng của solenoid. Tìm suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây.



Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây có 250 vòng dây là:

Áp dụng định luật Faraday: Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong một vòng dây bằng và trái dấu với tốc độ biến thiên của từ thông theo thời gian qua vòng dây dẫn đó.

Ta có:

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi_B}{dt}$$

Trong đó, N là tổng số vòng dây và $\varnothing_B$ là từ thông gửi qua vòng dây.

Mà: $B = \mu_0.n.I$

(với n là số vòng dây/m của solenoid và I là cường độ dòng điện chạy trong solenoid. Kết quả này có được là do áp dụng định luật Ampere về dòng toàn phần để tính cảm ứng từ trong solenoid)

$$\Rightarrow \phi_B = \int_S BdS \qquad \text{(với S là diện tích vòng dây tròn bán kính R)}$$

$$\phi_B = \mu_0.n.I.\pi R^2$$

Do đó:

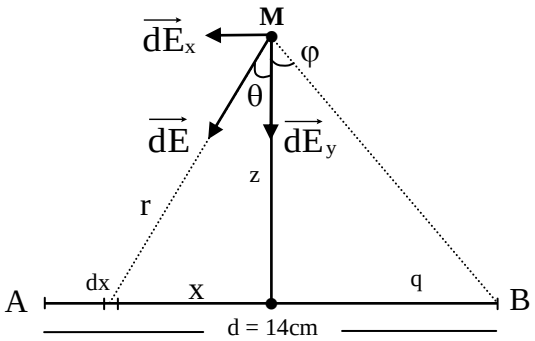
$$\varepsilon = -N\frac{d\left(\mu_0.n.I\pi R^2\right)}{dt} = -250.1{,}26.10^{-6}.400.\pi R^2 30.\left(1-e^{-1{,}6t}\right)'$$

(độ biến thiên này chính là đạo hàm của từ thông theo thời gian)

$$\Rightarrow \varepsilon = -19R^2.e^{-1{,}6t}$$

Suất điện động cảm ứng có giá trị tuyệt đối giảm dần theo thời gian chứng tỏ độ biến thiên của từ thông gửi qua các vòng dây là giảm dần theo thời gian.

<u>Bài 19:</u> Một thanh dài 14 cm được tích điện đều, có diện tích tổng cộng là –22 µC. Xác định cường độ điện trường và điện thế tại điểm nằm trên trục thanh, cách trung điểm của thanh một khoảng là 36 cm.



<u>Điện trường:</u>

- Điện trường gây ra tại M là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm có trong thanh dây.

- Chia thanh dây thành những yếu tố có độ dài dx vô cùng nhỏ (nhỏ tới mức coi như là một điện tích điểm hoặc điện trường do những điện tích điểm trên đó gây ra tại điểm M là bằng nhau) và cách trung điểm của sợi dây một đoạn là x. Để tính điện trường tại M do sợi dây gây ra, ta phải tính điện trường do từng yếu tố dx gây ra tại M là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- *Tính điện trường do yếu tố dx gây ra tại M:*

+ Có gốc đặt tại M.

+ Điện tích của yếu tố dx là: dq = λ.dx (với λ = – q/AB là mật độ điện dài)

+ Điện trường $d\vec{E}$ có chiều như hình vẽ, có phương hợp với đường trung trực của AB một góc θ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$ là:

$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{\left(x^2+z^2\right)}$$

- Điện trường do cả đoạn dây gây ra tại M:

$$\vec{E} = \int_{-0,07}^{0,07} d\vec{E} = \int_{-0,07}^{0,07} d\vec{E}_x + \int_{-0,07}^{0,07} d\vec{E}_y$$

Do tính chất đối xứng của sợi dây nên $\int_{-0,07}^{0,07} d\vec{E}_x = \vec{0}$. Suy ra: $\vec{E} = \int_{-0,07}^{0,07} d\vec{E}_y$

+ $\vec{E}$ có phương và chiều trùng với $d\vec{E}_y$

+ Về độ lớn:

$$E = \int_{-0,07}^{0,07} dE_y$$

$$dE_y = dE\cos\theta = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda dx}{\left(z^2+x^2\right)}\cos\theta$$

$$\Rightarrow E = \int_{-0,07}^{0,07} dE_x = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{-0,07}^{0,07}\frac{dx}{\left(z^2+x^2\right)}\cos\theta$$

Ta có: $x = z.\tan\theta \Rightarrow dx = \frac{z}{\cos^2\theta}d\theta$

Do đó:

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_{-\varphi}^{\varphi}\frac{z}{\cos^2\theta}\frac{d\theta.\cos\theta}{\frac{z^2}{\cos^2\theta}}$$

$$= 2\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\int_0^{\varphi}\cos\theta\, d\theta = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}\sin\theta\Big|_0^{\varphi} = \frac{1}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\lambda}{z}.\sin\varphi$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 z}.\frac{0,07}{\sqrt{0,07^2+z^2}}$$

$$E = \frac{-22.10^{-6}}{14.10^{-2}.2\pi 8,85.10^{-12}.0,36}.\frac{0,07}{\sqrt{0,07^2+0,36^2}} = -1,5.10^6\left(\frac{N}{C}\right)$$

Điện thế:

Điện thế tại M do yếu tố vi phân dx gây ra được tính bằng công mà lực điện trường của dx dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ M ra xa vô cùng.

Điện thế tại M do dx gây ra là:

$$dV = \frac{dq}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0.r} = \frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{x^2+z^2}}$$

Điện thế tại M do cả thanh dây gây ra là: áp dụng nguyên lý chồng chất (đối với đại lượng vô hướng) ta được:

$$V = \lim_{n\to\infty}\sum_{i=1}^{n}V_i = \int dV = \int_{-0,07}^{0,07}\frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{x^2+z^2}}$$

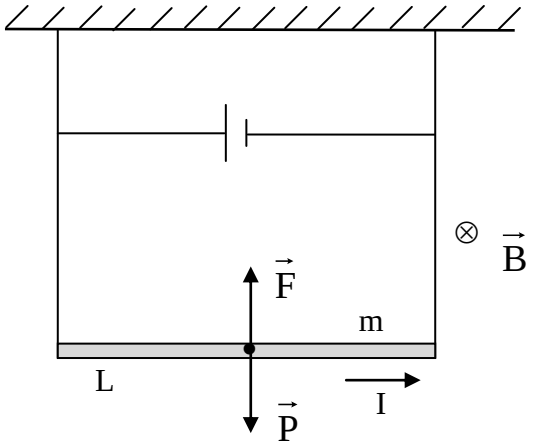
$$V = 2\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_0^{0,07}\frac{dx}{\sqrt{x^2+z^2}} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left[\ln\left(x+\sqrt{x^2+z^2}\right)\right]\Big|_0^{0,07}$$

$$V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left[\ln\left(0,07+\sqrt{0,07^2+z^2}\right)-\ln z\right]$$

$$V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}.\ln\frac{0,07+\sqrt{0,07^2+z^2}}{z}$$

$$V = \frac{-22.10^{-6}}{14.10^{-2}.2\pi 8,85.10^{-12}}.\ln\frac{0,07+\sqrt{0,07^2+0,36^2}}{0,36} = -2,29.10^6\ (\text{Vol})$$

<u>Bài 20:</u> Một thanh dẫn điện có mật độ khối lượng là 0.04 kg/m, được treo bằng hai sợi dây dẫn mềm cho dòng điện I chạy qua, đặt trong từ trường B_{in} = 3,6 T, hướng vuông góc vào trong mặt phẳng. Dòng điện I phải có hướng và độ lớn như thế nào để không có sức căng trên các dây treo.



Để không có sức căng trên dây treo thì lực từ do từ trường tác dụng lên thanh dẫn phải có độ lớn bằng với độ lớn của trọng lực và ngược chiều với chiều trọng lực:

$$\vec{F} = -\vec{P}$$

Mà cảm ứng từ $\vec{B}$ có phương vuông góc với mặt phẳng khung dây, có chiều đi từ ngoài vào trong. Áp dụng định luật Ampere về lực từ tác dụng lên dòng điện ta có $\overrightarrow{Idl}$, $\vec{B}$, $\vec{F}$ phải tạo thành một tam diện thuận. Do đó, dòng I phải có chiều từ trái sang phải (hình vẽ).

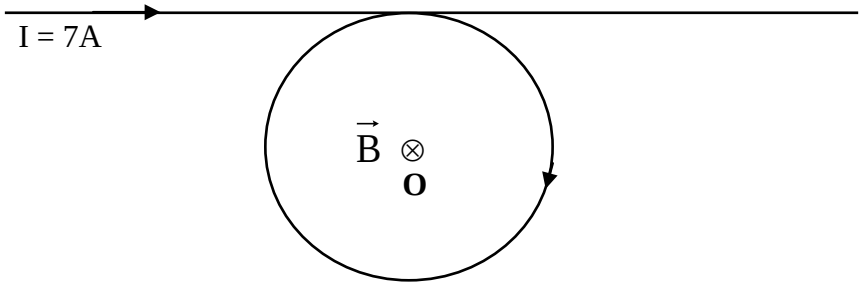
Ta có về độ lớn:

$$F = P$$

$$IB\int_L dl = mg \Leftrightarrow IBL = 0,04.L.g$$

$$\Rightarrow I = \frac{0,04.g}{B} = \frac{0,4}{3,6} = \frac{1}{9}\ (A)$$

<u>Bài 21:</u> Một dây dẫn gồm vòng dây tròn có bán kính R và hai đoạn dây thẳng, dài, nằm trong cùng một mặt phẳng. Dây dẫn có dòng điện I = 7A chạy qua theo chiều mũi tên (hình vẽ). Tìm biểu thức của véctơ cảm ứng từ tại tâm của vòng dây.



Cảm ứng từ tại tâm của vòng dây tròn là cảm ứng từ tổng hợp do vòng dây tròn và đoạn dây dẫn thẳng dài gây ra.

- Cảm ứng từ do đoạn dây dẫn thẳng dài gây ra tại điểm O cách đoạn dây một khoảng bằng R là véctơ $\overrightarrow{B_1}$:

+ Có phương vuông góc với mặt phẳng vòng dây.

+ Có chiều đi vào trong (xác định theo quy tắc vặn đinh ốc hoặc bàn tay phải)

- Cảm ứng từ do vòng dây tròn gây ra tại tâm O bán kính R là véctơ $\overrightarrow{B_2}$:

+ Có phương vuông góc với mặt phẳng vòng dây.

+ Có chiều đi vào trong (xác định theo quy tắc vặn đinh ốc hoặc bàn tay phải)

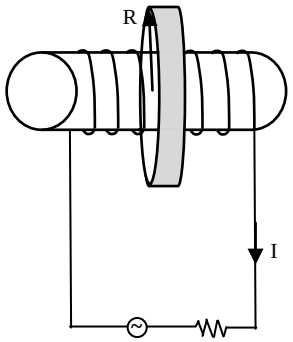
Do $\overrightarrow{B_1}$ và $\overrightarrow{B_2}$ cùng phương, cùng chiều nên véctơ cảm ứng từ tổng hợp $\vec{B}$ cũng cùng chiều với $\overrightarrow{B_1}$ và $\overrightarrow{B_2}$. Về độ lớn:

$$B = B_1 + B_2$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi R} + \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}(1+\pi)$$

$$B = \frac{1{,}26.10^{-6}.7}{2\pi R}(1+\pi) = \frac{5{,}81.10^{-6}}{R} \quad (T)$$

<u>Bài 22:</u> Một cuộn có 15 vòng dây, bán kính R = 10 cm, được cuốn quanh một solenoid có bán kính 2 cm và n = 1000 vòng/m. Dòng điện chạy trong solenoid theo chiều mũi tên (hình vẽ) và biến thiên theo quy luật I = 5sin(120t) A. Tìm biểu thức của suất điện động cảm ứng trong cuộn có 15 vòng dây.



Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây có 15 vòng dây là:

Áp dụng định luật Faraday: Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong một vòng dây bằng và trái dấu với tốc độ biến thiên của từ thông theo thời gian qua vòng dây dẫn đó.

Ta có:

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi_B}{dt}$$

Trong đó, N là tổng số vòng dây và $\varnothing_B$ là từ thông gửi qua vòng dây.

Mà: $B = \mu_0.n.I$

(với n là số vòng dây/m của solenoid và I là cường độ dòng điện chạy trong solenoid. Kết quả này có được là do áp dụng định luật Ampere về dòng toàn phần để tính cảm ứng từ trong solenoid)

$$\Rightarrow \phi_B = \int_S BdS \quad \text{(với S là diện tích tiết diện của solenoid)}$$

$$\phi_B = \mu_0.n.I.\pi.2^2$$

Do đó:

$$\varepsilon = -N\frac{d(\mu_0.n.I.4\pi)}{dt} = -15.1,26.10^{-6}.1000.4\pi.5.(\sin(120t))'$$

(độ biến thiên này chính là đạo hàm của từ thông theo thời gian)

$$\Rightarrow \varepsilon = -142,5.\cos(120t)$$

Suất điện động cảm ứng có giá trị tuyệt đối biến thiên tuần hoàn theo hàm cosin.

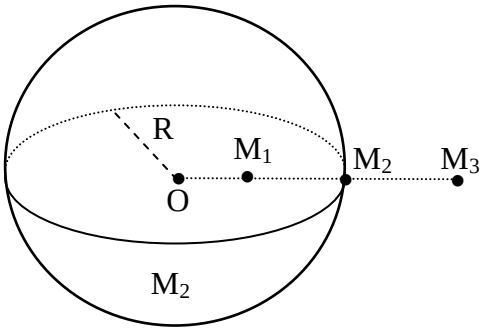
<u>Bài 23:</u> Một quả cầu đặc, bán kính 40 cm, tích điện đều trong toàn bộ thể tích với điện tích tổng cộng là +26μC. Tìm độ lớn và hướng của cường độ điện trường tại những vị trí cách tâm quả cầu một khoảng:

(a) 0 cm.

(b) 10 cm.

(c) 40 cm.

(d) 60 cm.



Mật độ điện tích khối của quả cầu đặc là:

$$\rho = \frac{26.10^{-6}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{39.10^{-6}}{2\pi R^3}$$

Cường độ điện trường tại các điểm O, M_1, M_2 và M_3 tương ứng cách tâm quả cầu là 0cm, 10cm, 40cm và 60cm đều có điểm đặt tại điểm tương ứng và có chiều từ tâm ra ngoài (do quả cầu tích điện dương).

Về độ lớn: Do tính chất đối xứng của quả cầu nên độ lớn của điện trường tại những điểm cách tâm một khoảng bằng nhau thì bằng nhau. Áp dụng định luật O – G trong điện trường ta được: Điện thông gửi qua mặt kín chứa từng điểm tương ứng thì bằng tổng đại số điện tích nằm trong mặt kín đó chia cho hằng số điện ε_0.

<u>Phần (a):</u>

Điện trường tại tâm quả cầu bằng 0.

<u>Phần (b):</u>

Tính độ lớn điện trường tại điểm M_1 cách tâm một khoảng 10 cm:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_1 tâm O bán kính OM_1. Áp dụng định luật O – G ta được:

$$\int_{S_1} \overrightarrow{E_1}\overrightarrow{dS_1} = \frac{Q_1}{\varepsilon_0} \quad (Q_1 \text{ là tổng đại số điện tích nằm trong mặt cầu } S_1)$$

$$\int_{S_1} E_1.dS_1 = \frac{\rho\frac{4}{3}\pi OM_1^3}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow E_1.4\pi OM_1^2 = \frac{39.10^{-6}.4.\pi OM_1^3}{3.2\pi R^3\varepsilon_0}$$

$$E_1 = \frac{39.10^{-6}.4\pi OM_1^3}{3.2\pi R^3\varepsilon_0.4\pi OM_1^2} = \frac{39.10^{-6}.OM_1}{6\pi\varepsilon_0 R^3}$$

$$E_1 = \frac{39.0,1.10^{-6}}{6\pi.1,26.10^{-6}.0,4^3} = 2,57 \quad \left(\frac{N}{C}\right)$$

Phần (c):

Tính độ lớn điện trường tại điểm M_2 nằm trên mặt quả cầu bán kính 40 cm:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S tâm O bán kính R. Áp dụng định luật O – G ta được:

$$\int_{S} \overrightarrow{E_2}\overrightarrow{dS} = \frac{Q}{\varepsilon_0} \quad (Q \text{ là tổng đại số điện tích của quả cầu})$$

$$\int_{S} E_2.dS = \frac{Q}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow E_2.4\pi R^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{Q}{4\pi R^2\varepsilon_0} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$$

$$E_2 = \frac{26.10^{-6}}{4\pi.1,26.10^{-6}.0,4^2} = 10,26 \quad \left(\frac{N}{C}\right)$$

Phần (d):

Tính độ lớn điện trường tại điểm M_3 cách tâm một khoảng 60 cm:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_3 tâm O bán kính OM_3. Áp dụng định luật O – G ta được:

$$\int_{S_3} \overrightarrow{E_3}\overrightarrow{dS_3} = \frac{Q_3}{\varepsilon_0} \quad (Q_3 = Q \text{ là tổng đại số điện tích nằm trong mặt cầu } S_3)$$

$$\int_{S_3} E_3.dS_3 = \frac{Q}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow E_3.4\pi OM_3^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

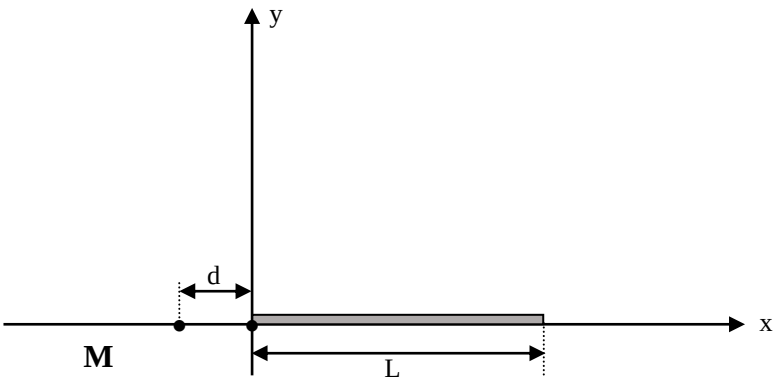
$$E_3 = \frac{Q}{\varepsilon_0.4\pi OM_3^2} = \frac{26.10^{-6}}{1,26.10^{-6}.4\pi.0,6^2}$$

$$E_3 = 4,56 \quad \left(\frac{N}{C}\right)$$

<u>Bài 24:</u> Một thanh có độ dài L nằm dọc theo trục x (hình vẽ). Đầu bên trái của thanh được đặt tại gốc tọa độ. Thanh được tích điện không đều với mật độ điện tích dài là $\lambda = \alpha.x$ (α là một hằng số dương).

(a) Đơn vị của α là gì.

(b) Tìm điện thế tại điểm M cách gốc tọa độ một khoảng d.



<u>Phần (a):</u>

Mật độ điện dài λ có đơn vị là C/m. Mà $\lambda = \alpha.x$

$\Rightarrow \alpha = \lambda/x$ (x có đơn vị là m)

Vậy α có đơn vị là C/m^2.

<u>Phần (b):</u>

Tìm điện thế tại điểm M do thanh tích điện gây ra. Do thanh tích điện dương nên điện thế tại M mang dấu dương.

Điện thế tại M là công mà lực điện trường thực hiện để chuyển một đơn vị điện tích dương từ M ra xa vô cùng.

- Điện thế tại M do yếu tố dx cách gốc tọa độ một đoạn x là:

$$dV = \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 x} = \frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0(x+d)} = \frac{\alpha x.dx}{4\pi\varepsilon_0(x+d)}$$

- Điện thế tại M do cả thanh tích điện gây ra là:

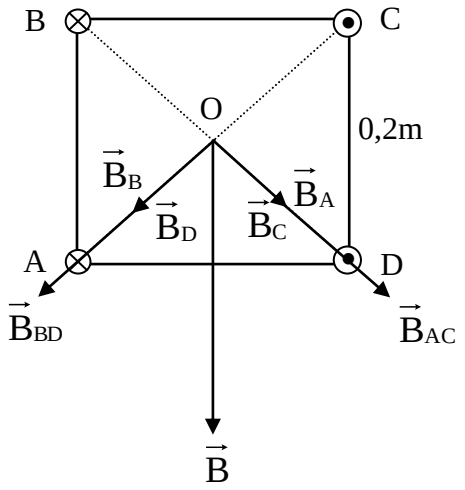
$$V = \int dV = \frac{\alpha}{4\pi\varepsilon_0}\int_0^L \frac{x}{x+d}dx = \frac{\alpha}{4\pi\varepsilon_0}\int_0^L \left(1-\frac{d}{x+d}\right)dx$$

$$V = \frac{\alpha}{4\pi\varepsilon_0}\left(x - d.\ln(x+d)\right)\Big|_0^L$$

$$V = \frac{\alpha}{4\pi\varepsilon_0}\left[L - d.\ln(L+d) + d\ln(d)\right]$$

$$V = \frac{\alpha}{4\pi\varepsilon_0}\left(L + d.\ln\frac{d}{L+d}\right) \qquad \text{(Vol)}$$

<u>Bài 25:</u> Bốn dây dẫn thẳng song song dài vô hạn có cùng dòng điện I = 5A (hình vẽ). Các dòng điện A và B hướng vuông góc vào trong mặt phẳng hình vẽ. Các dòng C và D hướng vuông góc ra bên ngoài mặt phẳng hình vẽ. Tìm độ lớn và hướng của cảm ứng từ $\vec{B}$ tại điểm M nằm ở tâm hình vuông có cạnh 0,2m.



Cảm ứng từ tại tâm O của hình vuông là cảm ứng từ tổng hợp do 4 dây dẫn song song dài vô hạn gây ra:

$$\vec{B} = \vec{B}_A + \vec{B}_B + \vec{B_C} + \vec{B_D}$$

- Cảm ứng từ tại tâm O do dây dài vô hạn đi qua A gây ra là:

$$\vec{B}_A = \frac{\mu_0}{4\pi}\int_{L_A} I\vec{dl}.\vec{AO}$$

+ $\vec{B}_A$ có phương và chiều như hình vẽ. Chiều được xác định theo quy tắc vặn đinh ốc.

+ Độ lớn: $B_A = \frac{\mu_0 I}{2\pi.OA}$

(công thức này được chứng minh ở bài tìm cảm ứng do dây dẫn thẳng dài vô hạn gây ra tại một điểm cách dây một khoảng là z)

- Tương tự, ta có cảm ứng từ tại tâm O do dây dài vô hạn đi qua B, C, D gây ra là:

+ Có phương và chiều được xác định theo quy tắc vặn đinh ốc (hình vẽ).

+ Có cùng độ lớn:

$$B_B = B_C = B_D = \frac{\mu_0 I}{2\pi.OA} \quad (\text{do } OA = OB = OC = OD)$$

Do $\vec{B}_A$ cùng phương và cùng chiều với $\vec{B}_C$; $\vec{B}_B$ cùng phương và cùng chiều với $\vec{B}_D$ nên ta có:

$$\vec{B}_{AC} = \vec{B}_A + \vec{B}_C \quad ; \quad \vec{B}_{BD} = \vec{B}_B + \vec{B}_D$$

$$B_{AC} = B_A + B_C = \frac{2.\mu_0 I}{2\pi.AB.\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{2.\mu_0 I}{\pi.AB.\sqrt{2}} = B_{BD}$$

Vậy: $\vec{B} = \vec{B}_{AC} + \vec{B}_{BD}$

+ $\vec{B}$ có phương nằm trên mặt phẳng vuông góc với các dây dẫn dài vô hạn.

+ $\vec{B}$ có chiều hướng xuống dưới như hình vẽ.

+ Độ lớn:

$$B = \sqrt{B_{AC} + B_{BD}} = \sqrt{2}.B_{AC} = \frac{\mu_0 I.2\sqrt{2}}{\pi.AB.\sqrt{2}} = \frac{2\mu_0 I}{\pi.AB}$$

$$B = \frac{1{,}26.10^{-6}.2.5}{\pi.0{,}2} = 2.10^{-5} \quad (T)$$

<u>Bài 26:</u> Thanh dẫn có thể trượt không ma sát trên hai ray song song, đặt cách nhau một khoảng *l* = 1,2m. Toàn bộ hệ được đặt trong từ trường đều có độ lớn B = 2,5T hướng vuông góc vào trong mặt phẳng hình vẽ.

(a) Tính lực lực không đổi $\vec{F}_{app}$ cần thiết để trượt thanh dẫn sang phải với tốc độ 2 m/s.

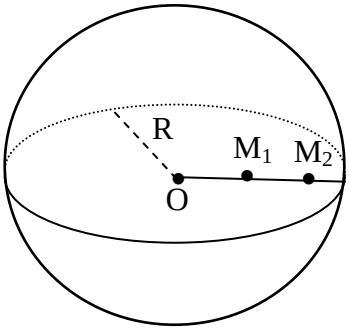
(b) Tính công suất tỏa ra trên điện trở R = 6Ω.

<u>Bài 27:</u> Một quả cầu không dẫn điện đường kính 8 cm, tích điện đều trong toàn bộ thể tích với điện tích tổng cộng là +5,7μC. Tính điện tích chứa trong các mặt cầu đồng tâm với quả cầu có bán kính.

(a) r_1 = 2 cm.

(b) r_2 = 6 cm.

Tìm độ lớn và hướng của cường độ điện trường tại các mặt cầu đồng tâm đó.



Mật độ điện tích khối của quả cầu đặc là:

$$\rho = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3Q}{4\pi R^3} \qquad \text{(Q là điện tích của quả cầu)}$$

Cường độ điện trường tại các điểm M_1, M_2 tương ứng cách tâm quả cầu là 2cm, và 6cm đều có điểm đặt tại điểm tương ứng và có chiều từ tâm ra ngoài (do quả cầu tích điện dương).

Về độ lớn: Do tính chất đối xứng của quả cầu nên độ lớn của điện trường tại những điểm cách tâm một khoảng bằng nhau thì bằng nhau. Áp dụng định luật O – G trong điện trường ta được: Điện thông gửi qua mặt kín chứa từng điểm tương ứng thì bằng tổng đại số điện tích nằm trong mặt kín đó chia cho hằng số điện ε_0.

<u>Phần (a):</u>

Điện tích chứa trong mặt cầu S_1 tâm O bán kính OM_1 = 2cm là:

$$Q_1 = \rho V_1 = \frac{3Q}{4\pi R^3}\frac{4\pi OM_1^3}{3} = \frac{Q}{R^3}OM_1^3$$

Điện trường tại mặt cầu S_1:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_1 tâm O bán kính OM_1. Áp dụng định luật O – G ta được:

$$\int_{S_1} \overrightarrow{E_1}\overrightarrow{dS_1} = \frac{Q_1}{\varepsilon_0}$$

$$\int_{S_1} E_1.dS_1 = \frac{Q}{\varepsilon_0 R^3} OM_1^3 \Leftrightarrow E_1.4\pi OM_1^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0 R^3} OM_1^3$$

$$E_1 = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^3} OM_1$$

$$E_1 = \frac{0,02.5,7.10^{-6}}{4\pi.1,26.10^{-6}.0,08^3} = 14,06 \quad \left(\frac{N}{C}\right)$$

Phần (b): Tương tự

Điện tích chứa trong mặt cầu S_2 tâm O bán kính $OM_2 = 6cm$ là:

$$Q_2 = \rho V_2 = \frac{3Q}{4\pi R^3} \frac{4\pi OM_2^3}{3} = \frac{Q}{R^3} OM_2^3$$

Điện trường tại mặt cầu S_2:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_2 tâm O bán kính OM_2. Áp dụng định luật O – G ta được:

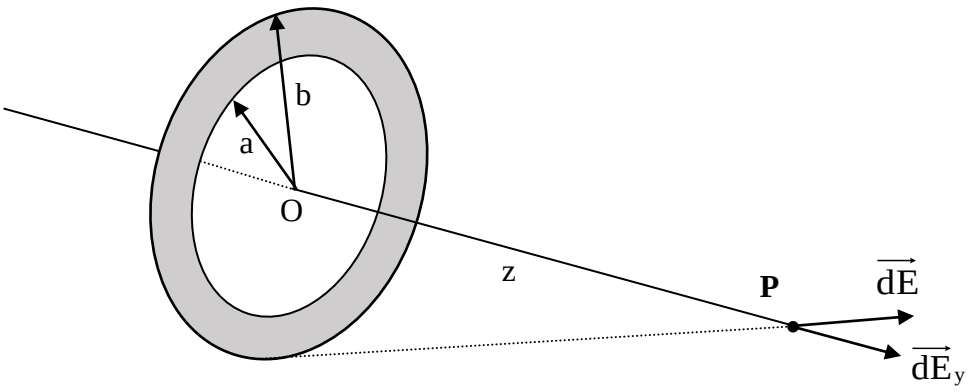
$$\int_{S_2} \overrightarrow{E_2}\overrightarrow{dS_2} = \frac{Q_2}{\varepsilon_0}$$

$$\int_{S_2} E_2.dS_2 = \frac{Q}{\varepsilon_0 R^3} OM_2^3 \Leftrightarrow E_2.4\pi OM_2^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0 R^3} OM_2^3$$

$$E_2 = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^3} OM_2$$

$$E_2 = \frac{0,06.5,7.10^{-6}}{4\pi.1,26.10^{-6}.0,08^3} = 42,19 \quad \left(\frac{N}{C}\right)$$

Bài 28: Tính cường độ điện trường và điện thế tại điểm P nằm trên trục của bản vành khăn tích điện đều với mật độ điện tích mặt σ (hình vẽ).



Điện trường:

- Điện trường gây ra tại P là điện trường tổng cộng gây ra bởi tất cả các điện tích điểm nằm trên diện tích bề mặt của bản vành khuyên.

Chia bản vành khuyên thành các yếu tố xuyến có độ rộng dr vô cùng nhỏ, bán kính r. Để tính điện trường tại P do vành khuyên gây ra, ta phải tính điện trường do từng yếu tố xuyến có bề rộng dr gây ra tại P là các $d\vec{E}$ sau đó cộng các $d\vec{E}$ lại với nhau theo nguyên lý chồng chất.

- Điện trường do yếu tố xuyến có bề rộng dr gây ra tại P, tâm yếu tố xuyến cách P một khoảng z là:

+ Có điểm đặt tại điểm P.

+ $d\vec{E}$ có phương và chiều như hình vẽ.

+ Độ lớn của $d\vec{E}$:

Điện tích của yếu tố xuyến bề rộng dr là: $dq = \sigma 2\pi r.dr$ (r là bán kính yếu tố xuyến tương ứng)

Do đó theo trường hợp 1 của bài trước về điện trường do vòng dây tròn tích điện gây ra ta được:

$$dE = dE_y = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\sigma 2\pi r.z}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}dr = \frac{1}{2\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\sigma r.z}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}dr$$

- Điện trường do cả bản vành khăn gây ra tại P:

$$\vec{E} = \int\overrightarrow{dE} = \int\overrightarrow{dE_y}$$

+ $\vec{E}$ có phương và chiều trùng với $\overrightarrow{dE_y}$

+ Về độ lớn:

$$E = \int dE_y = \frac{\sigma z}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_a^b\frac{r}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}dr = \frac{\sigma z}{4\varepsilon\varepsilon_0}\int_a^b\frac{d(r^2+z^2)}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}}$$

$$E = \frac{\sigma z}{4\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{-\frac{1}{2}\sqrt{r^2+z^2}}\right)\Bigg|_a^b = -\frac{\sigma z}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{\sqrt{r^2+z^2}}\right)\Bigg|_a^b$$

$$E = \frac{\sigma z}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{\sqrt{a^2+z^2}}-\frac{1}{\sqrt{b^2+z^2}}\right) \qquad \left(\frac{N}{C}\right)$$

Điện thế:

Điện thế tại P do vô số các vòng xuyến có bề rộng vô cùng nhỏ dr gây ra.

Điện thế tại P do một vòng xuyến bề rộng dr gây ra là: theo trường hợp 1 của bài trước về điện thế do vòng dây tròn tích điện gây ra thì:

$$dV = \frac{\sigma.2\pi r}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{r^2+z^2}}dr = \frac{\sigma.r}{2\varepsilon\varepsilon_0\sqrt{r^2+z^2}}dr$$

Điện thế tại P do cả bản vành khăn gây ra là:

$$V = \int dV = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\int_a^b \frac{r\,dr}{\sqrt{r^2+z^2}} = \frac{\sigma}{4\varepsilon\varepsilon_0}\int_a^b \frac{d(r^2+z^2)}{\sqrt{r^2+z^2}}$$

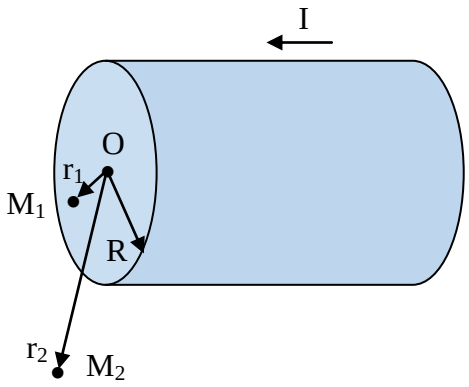
$$= \frac{\sigma}{4\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{\sqrt{r^2+z^2}}{\frac{1}{2}}\right)\Bigg|_a^b = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\sqrt{r^2+z^2}\right)\Big|_a^b$$

$$V = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}\left(\sqrt{b^2+z^2}-\sqrt{a^2+z^2}\right) \qquad (\text{Vol})$$

<u>Bài 29:</u> Một vật dẫn hình trụ dài vô hạn, bán kính R, có dòng điện I chạy qua (hình vẽ) với mật độ dòng J không đều trên tiết diện vật dẫn, J = br (với b là hằng số và r là khoảng cách tính từ trục của hình trụ). Tìm độ lớn cảm ứng từ $\vec{B}$ tại những điểm nằm cách trục hình trụ một khoảng:

(a) $r_1 < R$.

(b) $r_2 > R$.



Do tính chất đối xứng của vật dẫn hình trụ nên cảm ứng từ tại tại những điểm cách trục hình trụ một khoảng bằng nhau thì có độ lớn bằng nhau.

+ Cảm ứng từ có phương là tiếp tuyến của tiết diện chứa các điểm đó.

+ Cảm ứng từ có chiều được xác định theo quy tắc vặn đinh ốc.

+ Độ lớn:

<u>Phần (a):</u>

Chọn một đường cong kín là đường tròn tâm O bán kính r_1. Áp dụng định luật Ampere về dòng toàn phần ta có: Lưu số của véctơ cảm ứng từ theo đường tròn tâm O

bán kính r_1 bằng tổng đại số các dòng điện xuyên qua đường tròn đó nhân với hằng số từ thẩm μ_0

Ta có:

$$\oint_{C_1} \overrightarrow{B_1}\overrightarrow{dl} = \mu_0 \int_{S_1} \vec{J}.\overrightarrow{dS_1}$$

Trong đó, C_1 là đường tròn tâm O bán kính r_1, S_1 là hình tròn tâm O bán kính r_1, $\vec{J}$ là mật độ dòng điện phụ thuộc vào khoảng cách tới trục hình trụ và $\overrightarrow{dS_1}$ là véctơ pháp tuyến của mặt S_1. Ta chọn $\overrightarrow{dS_1}$ cùng chiều với chiều dòng điện.

$$\Rightarrow \quad B_1.2\pi r_1 = \mu_0 \int_0^{r_1} br.2\pi r.dr$$

$$\Leftrightarrow \quad B_1.2\pi r_1 = 2\pi b\mu_0 \int_0^{r_1} r^2 dr = 2\pi b\mu_0 \frac{r_1^3}{3}$$

$$\Leftrightarrow \quad B_1 = b.\mu_0 \frac{r_1^2}{3}$$

Phần (b):

Chọn một đường cong kín là đường tròn tâm O bán kính r_2. Áp dụng định luật Ampere về dòng toàn phần ta có: Lưu số của véctơ cảm ứng từ theo đường tròn tâm O bán kính r_2 bằng tổng đại số các dòng điện xuyên qua đường tròn đó nhân với hằng số từ thẩm μ_0

Ta có:

$$\oint_{C_2} \overrightarrow{B_2}\overrightarrow{dl} = \mu_0 \int_{S} \vec{J}.\overrightarrow{dS}$$

Trong đó, C_2 là đường tròn tâm O bán kính r_2, S là tiết diện của vật dẫn hình trụ, $\vec{J}$ là mật độ dòng điện phụ thuộc vào khoảng cách tới trục hình trụ và $\overrightarrow{dS}$ là véctơ pháp tuyến của mặt S. Ta chọn $\overrightarrow{dS}$ cùng chiều với chiều dòng điện.

$$\Leftrightarrow \quad B_2.2\pi r_2 = \mu_0 \int_0^{R} br.2\pi r.dr$$

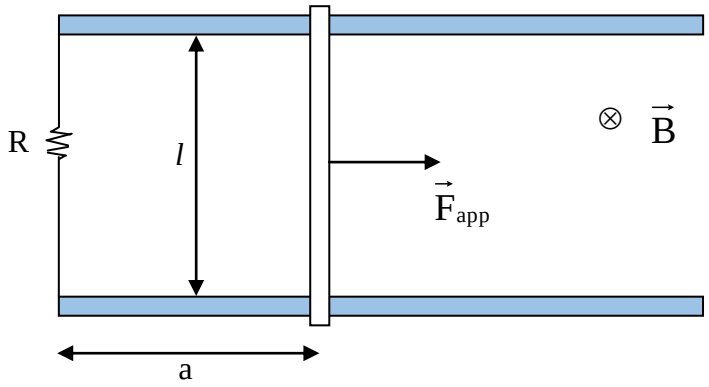
$$\Leftrightarrow \quad B_2.2\pi r_2 = 2\pi b\mu_0 \int_0^{R} r^2 dr = 2\pi b\mu_0 \frac{R^3}{3}$$

$$\Leftrightarrow \quad B_2 = b.\mu_0 \frac{R^3}{3r_2}$$

<u>Bài 30:</u> Thanh dẫn có thể trượt không ma sát trên hai thanh ray song song, đặt cách nhau một khoảng *l*. Toàn bộ hệ được đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ hướng vuông góc vào trong mặt phẳng hình vẽ. Một lực không đổi có độ lớn $F_{app} = 1N$ làm thanh dẫn trượt đều sang phải với tốc độ 2m/s. Bỏ qua lực ma sát.

(a) Tính cường độ dòng điện chạy trong điện trở R = 8Ω.

(b) Tính công suất tỏa ra trên điện trở R.



<u>Phần (a):</u>

Áp dụng định luật Faraday ta có: Suất điện động cảm ứng trong một vòng dây dẫn bằng và trái dấu với tốc độ biến thiên theo thời gian của từ thông gửi qua vòng dây đó.

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

Giả sử, ban đầu chưa có lực $\vec{F}_{app}$ tác dụng và thanh dẫn cách đầu nối với điện trở một khoảng là a. Khi đó từ thông gửi qua vòng dây dẫn kín tại thời điểm t giây là:

$$\phi_B = \int_{S_t} \vec{B}.\overrightarrow{dS} = B.S_t \qquad \text{(với } S_t \text{ là diện tích khung dây sau t giây)}$$

$$\phi_B = B.l.(a+2t)$$

(vì *l* là chiều rộng khung dây và (a+2t) là chiều dài khung dây sau t giây)

Vậy suất điện động cảm ứng chạy trong vòng dây là:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{d(Bl.(a+2t))}{dt} = -Bl.(a+2t)'$$

$$\varepsilon = -2Bl$$

Dấu trừ biểu thị rằng suất điện động cảm ứng sinh ra dòng cảm ứng sao cho từ trường mà dòng này sinh ra chống lại sự biến thiên của từ thông sinh ra nó. Theo định luật Lenz thì dòng này sẽ có chiều ngược với chiều kim đồng hồ.

Do đó, cường độ dòng điện chạy trong điện trở R là:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{2Bl}{R} = \frac{2Bl}{8} = \frac{Bl}{4} \quad (A)$$

Phần (b):

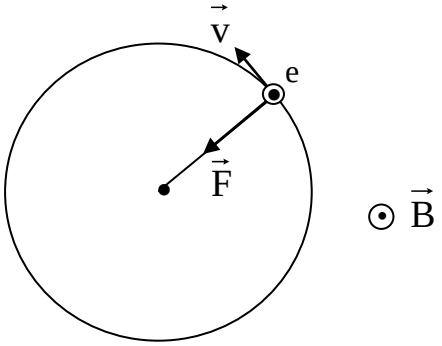
Công suất tỏa ra trên điện trở R là:

$$P = RI^2 = 8\left(\frac{Bl}{4}\right)^2 = \frac{B^2l^2}{2}$$

Bài 31: Một electrôn chuyển động trên quỹ đạo tròn (hình vẽ) có động năng E_d = 22,5 eV (1eV = 1,6.10^{-19} J), cảm ứng từ B = 4,55.10^{-4} T.

(a) Tính bán kính quỹ đạo điện tử, biết khối lượng electrôn m = 9,1.10^{-31} kg và điện tích q = 1,6.10^{-19} C.

(b) Chu kỳ chuyển động của electrôn.



Phần (a): Ta có:

- Động năng của electrôn là: $E_đ = \frac{1}{2}mv^2$

- Gia tốc hướng tâm của chuyển động tròn là: $a = \frac{v^2}{R}$

- Theo định luật II Newton ta có: $F = ma$

Từ 3 phương trình trên ta suy ra bán kính quỹ đạo là:

$$R = \frac{v^2}{a} = \frac{mv^2}{F} = \frac{2E_đ}{F}$$

Hạt electrôn chuyển động trong từ trường $\vec{B}$ nên chịu tác dụng một lực có độ lớn là:

F = qvB.sinα (trong đó α là góc giữa $\vec{v}$ và $\vec{B}$, α = 90^o)

Vậy bán kính quỹ đạo của chuyển động tròn là:

$$R = \frac{2E_đ}{F} = \frac{2E_đ}{qvB} = \frac{2E_đ}{qB\sqrt{\frac{2E_đ}{m}}} = \frac{\sqrt{2mE_đ}}{qB}$$

$$R = \frac{\sqrt{2.9{,}1.10^{-31}.22{,}5.1{,}6.10^{-19}}}{1{,}6.10^{-19}.4{,}55.10^{-4}} = 0{,}035\,(m) = 3{,}5\,(cm)$$

Phần (b):

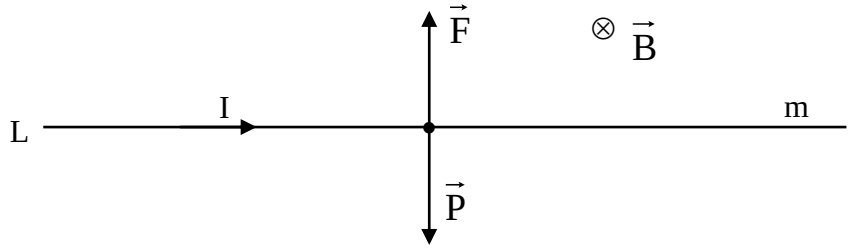
- Vận tốc góc: $\omega = \frac{v}{R}$

- Chu kỳ của chuyển động tròn:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{2E_đ}{m}}} = \frac{2\pi R\sqrt{m}}{\sqrt{2E_đ}}$$

$$T = \frac{2\pi.0{,}035\sqrt{9{,}1.10^{-31}}}{\sqrt{2.22{,}5.1{,}6.10^{-19}}} = 7{,}8.10^{-8} \text{ (giây)}$$

<u>Bài 32:</u> Một sợi dây thẳng đặt nằm ngang có dòng I = 28A. Hỏi chiều và độ lớn của từ trường bằng bao nhiêu để nó gây ra một lực cân bằng với trọng lượng của sợi dây. Cho biết khối lượng trên một đơn vị chiều dài của sợi dây là: m/L = 46,6 g/m.



Để lực từ do từ trường gây ra cân bằng với trọng lượng của sợi dây thì:

$$\vec{F} = -\vec{P}$$

Mà dòng điện I có chiều từ trái sang phải và nằm trên mặt phẳng trang giấy. Áp dụng định luật Ampere về lực từ tác dụng lên dòng điện ta có $\overrightarrow{Idl}$, $\vec{B}$, $\vec{F}$ phải tạo thành một tam diện thuận. Do đó, cảm ứng từ $\vec{B}$ phải có phương vuông góc với mặt phẳng giấy và có chiều từ ngoài vào trong (hình vẽ).

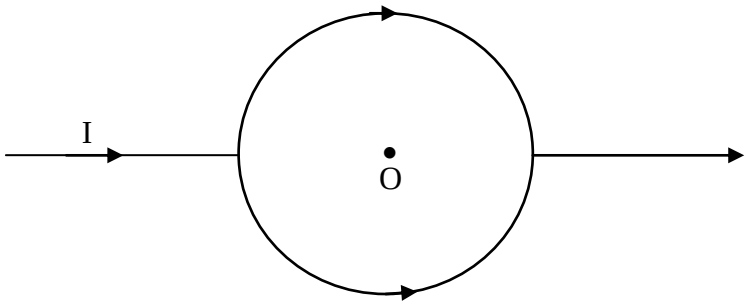
Về độ lớn:

$$F = P$$

$$IB\int_L dl = mg \Leftrightarrow IBL = 46{,}6.10^{-3}.L.g$$

$$\Rightarrow B = \frac{46{,}6.10^{-3}.g}{I} = 1{,}66.10^{-2} \quad (T)$$

<u>Bài 33:</u> Một dây dẫn thẳng được tách thành hai nửa vòng tròn như nhau, có dòng I chạy qua. Xác định cường độ từ trường tại tâm O của vòng tròn.



Cảm ứng từ tại tâm O là cảm ứng từ tổng hợp do dòng điện chạy trong hai đoạn dây thẳng và hai nửa vòng dây tròn gây ra.

+ Cảm ứng từ do dòng chạy trong hai đoạn dây thẳng gây ra tại điểm O bằng 0 vì góc giữa $I\vec{dl}$ và $\vec{r}$ bằng 0^o và 180^o (với $\vec{r}$ là véctơ hướng từ dl tới O).

+ Cảm ứng từ do dòng chạy trong hai nửa vòng dây tròn gây ra tại điểm O:

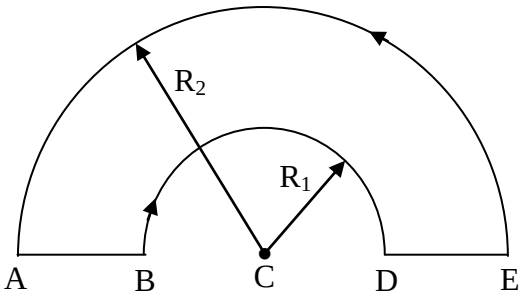
Cảm ứng từ do dòng chạy trong nửa vòng dây phía trên có phương vuông góc với mặt phẳng vòng dây và có chiều đi từ ngoài vào trong (xác định theo quy tắc vặn đinh ốc). Độ lớn:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi.R^2}\int_0^{\pi R} dl = \frac{\mu_0 I.\pi R}{4\pi.R^2} = \frac{\mu_0 I}{4R}$$

Dòng chạy trong nửa vòng dây phía dưới gây ra cảm ứng từ có độ lớn bằng độ lớn của cảm ứng từ do nửa vòng dây phía trên gây ra nhưng ngược về hướng.

Vậy, tại tâm O thì cảm ứng từ bằng 0.

<u>Bài 34:</u> Tính véctơ cảm ứng từ tại tâm C của hình có dạng dưới đây (hình vẽ) khi có dòng I chạy qua.



Cảm ứng từ tại tâm C là cảm ứng từ tổng hợp do dòng điện chạy trong hai đoạn dây thẳng và hai nửa vòng dây tròn gây ra.

- *Cảm ứng từ do dòng chạy trong hai đoạn dây thẳng* gây ra tại điểm C bằng 0 vì góc giữa $I\vec{dl}$ và $\vec{r}$ bằng 0^o và 180^o (với $\vec{r}$ là véctơ hướng từ dl tới C).

- *Cảm ứng từ do dòng chạy trong hai nửa vòng dây tròn gây ra tại điểm C:*

+ Cảm ứng từ do dòng chạy trong nửa vòng tròn nhỏ gây ra:

Có phương vuông góc với mặt phẳng vòng dây.

Có chiều đi từ ngoài vào trong (xác định theo quy tắc vặn đinh ốc).

Độ lớn: $B_1 = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi.R_1^2}\int_0^{\pi R_1} dl = \dfrac{\mu_0 I.\pi R_1}{4\pi.R_1^2} = \dfrac{\mu_0 I}{4R_1}$

+ Cảm ứng từ do dòng chạy trong nửa vòng tròn lớn gây ra:

Có phương vuông góc với mặt phẳng vòng dây.

Có chiều đi từ trong ra ngoài (xác định theo quy tắc vặn đinh ốc).

Độ lớn: $B_2 = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi.R_2^2}\int_0^{\pi R_2} dl = \dfrac{\mu_0 I.\pi R_2}{4\pi.R_2^2} = \dfrac{\mu_0 I}{4R_2}$

Do $R_2 > R_1$ nên cảm ứng từ tổng hợp gây ra tại C có cùng chiều với cảm ứng từ do nửa vòng tròn nhỏ gây ra, hướng từ ngoài vào trong.

Độ lớn:

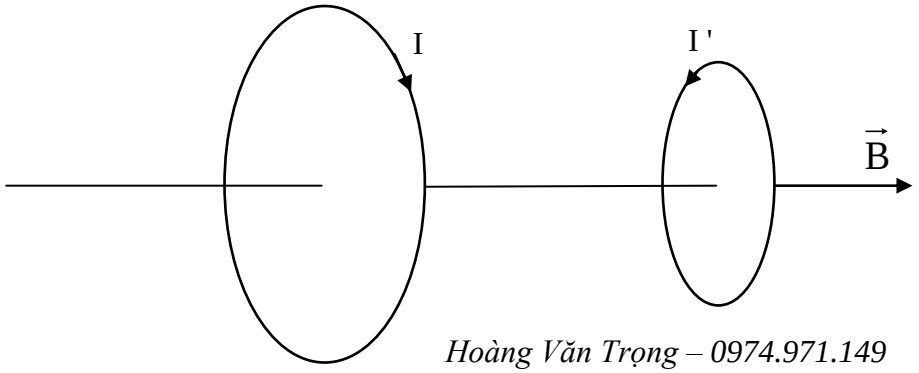
$$B = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{4R_1} - \frac{\mu_0 I}{4R_2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4}\left(\frac{R_2 - R_1}{R_1 R_2}\right) \quad (T)$$

<u>Bài 35:</u> Hai vòng dây dẫn một lớn một nhỏ đặt song song với nhau (hình vẽ). Trong vòng lớn có dòng I đang tăng. Hỏi:

(a) Chiều của dòng điện cảm ứng trong cuộn nhỏ.

(b) Chiều của lực tác dụng lên cuộn nhỏ.



Phần (a):

Dòng I trong vòng lớn đang tăng dần khiến cho từ thông do vòng lớn gửi qua vòng nhỏ biến thiên theo chiều tăng dần.

- Theo định luật Faraday thì sự biến thiên từ thông gửi qua vòng nhỏ sẽ gây nên một suất điện động cảm ứng. Suất điện động cảm ứng này sinh ra một dòng cảm ứng I' có chiều được xác định theo định luật Lenz.

Dòng điện cảm ứng phải có chiều sao cho từ trường mà nó sinh ra chống lại nguyên nhân sinh ra nó, hay chống lại sự tăng của từ thông. Do đó, chiều của dòng cảm ứng ngược lại so với chiều của dòng I chạy trong vòng dây lớn (hình vẽ).

Phần (b):

Khi trong vòng nhỏ xuất hiện dòng I' thì từ trường do dòng điện trong vòng lớn gây ra sẽ tác dụng lực từ lên dòng điện trên vòng dây nhỏ.

Theo định luật Ampere về lực từ tác dụng lên yếu tố dòng thì lực $\overrightarrow{dF}$ vuông góc với mặt phẳng chứa $I'\overrightarrow{dl}$ và từ trường $\vec{B}$, có chiều sao cho $I'\overrightarrow{dl}$, $\vec{B}$ và $\overrightarrow{dF}$ tạo thành tam diện thuận.

Lấy tích phân trên toàn bộ vòng dây nhỏ thì các lực vi phân $\overrightarrow{dF}$ sẽ triệt tiêu nhau do tính chất đối xứng của vòng dây. Vậy lực tác dụng lên vòng dây nhỏ bằng 0.

<u>Bài 36:</u> Một dây dẫn thẳng AB, chiều dài *l* = 1,2m được nối với một nguồn điện có suất điện động ε = 24V bằng một sợi dây mềm (hình vẽ). Điện trở trong của nguồn điện là r = 0,5 Ω. Dây dẫn AB đặt trong từ trường có véctơ cảm ứng từ B = 0,8T vuông góc với dây dẫn. Điện trở mạch ngoài là R = 2,5Ω.

(a) Tìm dòng chạy trong mạch nếu dây chuyển động với vận tốc v = 12,5 m/s.

(b) Dòng thay đổi bao nhiêu lần nếu dây dẫn dừng lại. Bỏ qua từ trường do dòng điện gây nên.

PHẦN II: QUANG HỌC

A. LÝ THUYẾT

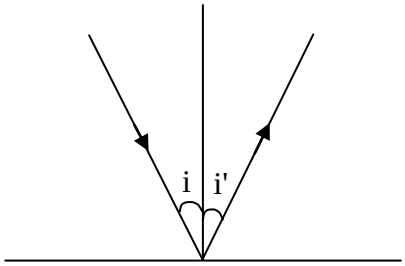
1. Cơ sở quang hình học

- Tia sáng là khái niệm xuất phát từ định luật truyền thẳng của ánh sáng.

- *Định luật truyền thẳng của ánh sáng*: Trong môi trường đồng tính và đẳng hướng, ánh sáng truyền đi theo đường thẳng.

- *Định luật phản xạ của ánh sáng* (tìm được bằng thực nghiệm): Tia phản xạ nằm trong mặt phẳng chứa tia tới và góc phản xạ bằng góc tới (i' = i).

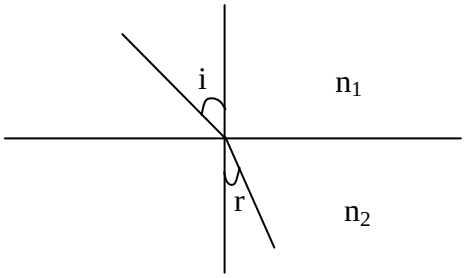
Hình II.1:



- *Định luật khúc xạ ánh sáng:* Khi ánh sáng truyền từ môi trường 1 vào môi trường 2 thì tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng chứa tia tới, thuộc môi trường 2 và:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \qquad \text{(II.1)}$$

Hình II.2:



Trong đó:

+ i là góc tới, r là góc khúc xạ..

+ n_1 và n_2 lần lượt là chiết suất tuyệt đối của môi trường 1 và môi trường 2. Chiết suất của môi trường được tính như sau:

$$n = \sqrt{\varepsilon\mu} = \frac{c}{v}$$

- ε là hằng số điện môi của môi trường.
- μ là hằng số từ thẩm của môi trường.
- c là vận tốc sóng điện từ trong chân không (299 792 458 m/s).
- v là vận tốc sóng điện từ trong môi trường.

- *Hiện tượng phản xạ toàn phần:*

Khi ánh sáng truyền từ môi trường 1 sang môi trường 2 có chiết suất nhỏ hơn chiết suất của môi trường 1 ($n_2 < n_1$) và góc tới $i \geq i_0$ $\left(i_0 = \arcsin\frac{n_2}{n_1} \right)$ thì toàn bộ tia sáng được phản xạ trở lại môi trường 1. Ta có hiện tượng phản xạ toàn phần.

+ Nếu $i = i_0$ thì tia khúc xạ chạy dọc theo mặt phân cách giữa hai môi trường.

- *Nguyên lý Fermat:* (phát biểu tương đương của định luật phản xạ và khúc xạ). Có hai cách phát biểu:

+ Đường đi của tia sáng giữa hai điểm là đường truyền tốn ít thời gian nhất.

+ Tia sáng truyền từ A $\rightarrow$ B theo con đường nào đó sao cho quang lộ đạt giá trị cực trị (cực đại, cực tiểu hoặc không đổi) đối với biến số của quá trình đó.

- Quang lộ trong môi trường có chiết suất n:

  L = nd (n – chiết suất và d là khoảng cách AB)

- Quang lộ trong trường hợp có nhiều môi trường liên tục:

  $L = \int_A^B n(s)ds$ (ds – vi phân quãng đường và n(s) là chiết suất trong môi trường tương ứng với ds).

+ Từ nguyên lý Fermat có thể suy ra định luật phản xạ, khúc xạ và ngược lại.

2. Giao thoa ánh sáng

a. Ánh sáng là một sóng

- Mọi điểm trên mặt sóng đều dùng làm nguồn điểm của các sóng cầu thứ cấp. Sau một khoảng thời gian t, vị trí mới của mặt sóng sẽ là bao hình của tất cả các sóng cầu thứ cấp trên.

- Giả sử biểu diễn toán học của một sóng tại vị trí O.

  $s = A\cos(\omega t)$

Tai một điểm M cách O một khoảng r thì phương trình dao động sẽ là:

$$s = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi L}{\lambda}\right) \quad \text{(II.2)}$$

(với L là quang lộ từ O đến M và λ là bước sóng ánh sáng)

b. Cường độ sáng

- Cường độ sáng tại một điểm là một đại lượng có giá trị bằng năng lượng truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền sáng trong một đơn vị thời gian.

$$I = kA^2 \quad \text{(II.3)}$$ (với k là hệ số và A là biên độ dao động)

Khi nghiên cứu về hiện tượng giao thoa, có thể cho k = 1.

- *Nguyên lý chồng chất:* Tại các điểm mà sóng gặp nhau, dao động sáng bằng tổng các dao động thành phần. Sau khi gặp nhau, các sóng vẫn truyền đi như cũ mà không bị các sóng khác làm nhiễu loạn.

c. Giao thoa vân không định xứ

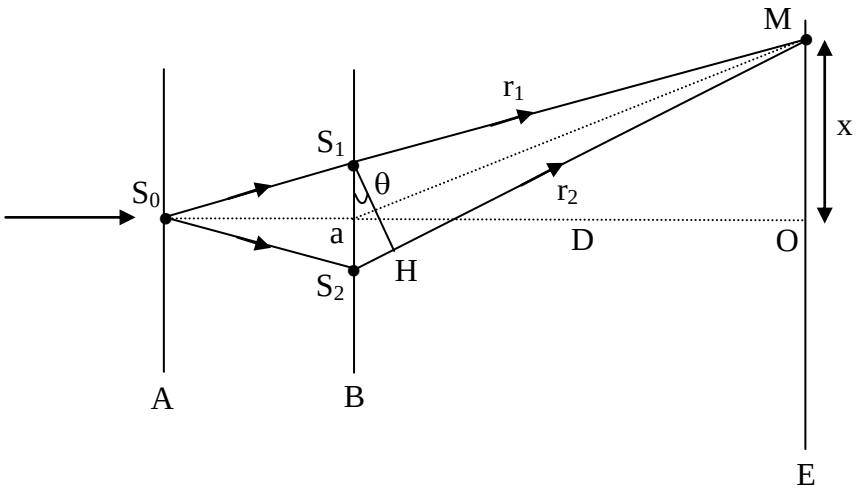
- Từ một nguồn tách thành hai nguồn, sau đó cho kết hợp với nhau.

⊗ Thí nghiệm Young:

- Một ánh sáng đơn sắc tới đập vào một lỗ kim S_0 trên màn chắn A. Nguồn sáng tại S_0 truyền tới S_1 và S_2 được khoét trên màn chắn B. Hai sóng cầu xuất phát từ S_1 và S_2 là hai sóng kết hợp và có thể giao thoa với nhau trên màn E.

- Hiệu số pha của chúng khi đến màn E không thay đổi thì hai sóng có thể giao thoa với nhau.

Hình II.3:

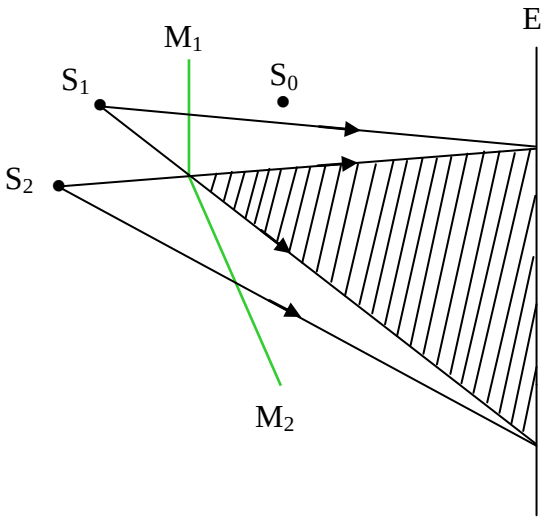


- Cách khác để tạo ra hai sóng kết hợp: sử dụng gương Fresnel.

Gương Fresnel là một hệ gồm hai gương phẳng M_1 và M_2 đặt nghiêng với nhau một góc α rất nhỏ (vài phần nghìn radian).

Một nguồn sáng S_0 trước hai gương sẽ cho 2 ảnh ảo S_1 và S_2. Hai chùm xuất phát từ S_1 và S_2 là 2 sóng kết hợp và chúng có thể giao thoa với nhau trên màn E.

Hình II.4:



⊗ Phân bố cường độ sáng trong giao thoa:

- Giả sử tại S_1 và S_2 ta có phương trình sóng là:

$s = A\cos(\omega t)$

- Khi hai sóng tới điểm M thì tại M dao động sóng của hai nguồn có dạng:

$$\begin{cases} s_1 = A\cos\left(\omega t - \dfrac{2\pi L_1}{\lambda}\right) \\ s_2 = A\cos\left(\omega t - \dfrac{2\pi L_2}{\lambda}\right) \end{cases}$$

(với L_1 và L_2 là quang lộ từ S_1 và S_2)

- Sóng tổng hợp tại M là:

$$s = s_1 + s_2 = 2A\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{\lambda}(L_1 + L_2)\right)\cos\left(\frac{\pi}{\lambda}(L_1 - L_2)\right) \quad \text{(II.4)}$$

- Cường độ sáng tại M là:

$$I = 4I_0\cos^2\frac{\pi a\sin\theta}{\lambda} \quad \text{(II.5)}$$

+ Khi $L_1 - L_2 = k\lambda$ ($k = 0, \pm1, \pm2,\ldots$) thì ánh sáng tổng hợp là cực đại và ta thu được vân sáng trên màn.

+ Khi $L_1 - L_2 = (k+1/2)\lambda$ thì ánh sáng tổng hợp là cực tiểu và ta thu được vân tối trên màn.

- Vị trí của các vân. Ta có:

$L_1 - L_2 = r_1 - r_2$ (giả sử hệ đặt trong không khí)

$$L_1 - L_2 = S_2H = a\sin\theta = a\tan\theta = a\frac{x}{D} \quad \text{(do góc } \theta \text{ nhỏ)}$$

+ Vị trí của vân sáng được xác định sao cho:

$$r_1 - r_2 = k\lambda \Leftrightarrow a\frac{x}{D} = k\lambda \quad \text{(II.6)}$$

$$\Leftrightarrow x = k\frac{\lambda D}{a}$$

+ Vị trí của vân tối được xác định sao cho:

$$r_1 - r_2 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow a\frac{x}{D} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{(II.7)}$$

$$\Leftrightarrow x = \left(k + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda D}{a}$$

- Khoảng cách giữa hai vân cùng loại (cùng sáng hoặc cùng tối) là: $i = \frac{\lambda D}{a}$

- Khoảng cách giữa vân sáng và vân tối liền kề nhau là: $i = \frac{\lambda D}{2a}$

⊗ Giao thoa đối với ánh sáng không đơn sắc:

- Các nguồn sáng dù rất đơn sắc cũng có độ rộng phổ nào đó với bước sóng thay đổi một lượng là $\Delta\lambda$. Mỗi giá trị cực đại giao thoa cùng bậc ứng với bước sóng khác nhau thì ở vị trí khác nhau.

- Khoảng cách giữa hai vân sáng (hoặc hai vân tối) ứng với mỗi bước sóng thì tỷ lệ thuận với bước sóng λ $\left(i = \frac{\lambda D}{a}\right)$ nên ánh sáng có bước sóng càng lớn thì vị trí cực đại giao thoa bậc m (m>1) càng cách xa vân sáng trung tâm.

- Khi tới một bậc giao thoa nào đó thì cực đại giao thoa bậc m của bước sóng $(\lambda+\Delta\lambda)$ trùng với cực đại giao thoa bậc m+1 của bước sóng λ. Do đó:

$$m(\lambda+\Delta\lambda)\frac{D}{a} = (m+1)\lambda\frac{D}{a}$$

$$\Leftrightarrow \quad m(\lambda+\Delta\lambda) = (m+1)\lambda$$

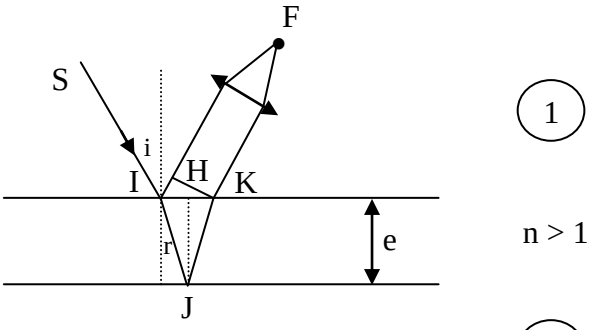
$$\Leftrightarrow \quad \boxed{m = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}} \qquad \text{(II.8)}$$

- Bậc giao thoa cực đại cho phép đánh giá độ đơn sắc của ánh sáng. Nguồn sáng laser đơn sắc cho m_{max} lên đến vài triệu nhưng ánh sáng trắng chỉ cho m_{max} từ 2 đến 3.

d. Giao thoa vân định xứ

⊗ Vân đồng độ nghiêng:

Hình II.5:



- Trước một nguồn sáng rộng đặt một bản mỏng trong suốt, bề dày e. Một tia sáng đến I tách thành hai tia: phản xạ và khúc xạ. Tia khúc xạ sau đó cũng bị phản xạ tại mặt ngăn cách giữa hai môi trường. Dùng một thấu kính hội tụ thì hai tia phản xạ này sẽ gặp nhau tại F và giao thoa trên mặt phẳng tiêu của thấu kính.

- Hiệu quang lộ giữa hai tia là:

$\delta = (IJK) - (IH)$

(với (IJK) và (IH) lần lượt là quang lộ tương ứng với đoạn IJK và IH).

Mà: $\begin{cases} (IH) = IH + \dfrac{\lambda}{2} \\ (IJK) = n(IJ + JK) = 2n.IJ = 2n\dfrac{e}{\cos r} \end{cases}$

Khi xác định quang lộ cần lưu ý quy tắc sau: Nếu ánh sáng phản xạ trên mặt phân cách với môi trường chiết quang hơn (có chiết suất lớn hơn chiết suất của môi trường chứa tia tới) thì pha dao động của sóng ánh sáng sẽ thay đổi một lương là π radian. Do vậy, quang lộ của tia sáng sẽ phải thay đổi một lượng là $\lambda/2$. Trong biểu thức quang lộ của tia sáng ta có thể cộng thêm hoặc trừ đi một lượng $\lambda/2$, trong cùng một bài thì việc cộng hay trừ phải có sự thống nhất từ đầu đến cuối.

Do đó:

$$\delta = 2e\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2} = 2ne.\cos r - \frac{\lambda}{2} \qquad \text{(II.9)}$$

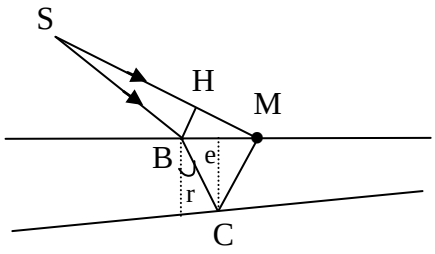
- Các chùm sáng sẽ hội tụ tại các điểm nằm trên đường tròn có tâm tại tiêu điểm của thấu kính. Các đường tròn này chính là các vân giao thoa.

+ Vân giao thoa cực đại (vân sáng) khi: $\delta = k\lambda$

+ Vân giao thoa cực tiểu (vân tối) khi: $\delta = (k+1/2)\lambda$

⊗ <u>Vân đồng độ dày:</u>

<u>Hình II.6:</u>



- Trong trường hợp tổng quát, bản mỏng trong suốt gặp trong tự nhiên có bề dày thay đổi từ điểm này đến điểm khác.

- Từ nguồn S có 2 tia tới M. Hai sóng này là hai sóng kết hợp nên chúng giao thoa tại M.

- Hiệu quang lộ giữa hai tia là:

$\delta = (SBCM) - (SM)$

$$\delta = SB + n(BC + CM) - \left(SM + \frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\delta = (SB - SM) + n(BC + CM) - \frac{\lambda}{2}$$

$$\boxed{\delta = 2e\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2} = 2ne.\cos r - \frac{\lambda}{2}} \qquad (II.10)$$

- Do con ngươi của mắt nhỏ nên chỉ nhìn được những tia nghiêng ít đối với nhau nên có thể coi i = const. Do đó, δ chỉ phụ thuộc vào e.

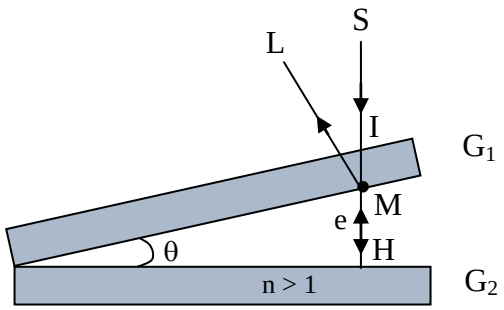
+ Khi $\delta = k\lambda$: vân giao thoa cực đại (vân sáng)

+ Khi $\delta = (k+1/2)\lambda$: vân giao thoa cực tiểu (vân tối)

⊗ Vân nêm không khí:

- Nêm không khí là một lớp không khí hình nêm, giới hạn bởi 2 bản thủy tinh đặt nghiêng một góc α rất nhỏ.

Hình II.7:



- Chiếu một chùm song song đơn sắc xuống vuông góc với mặt G_2. Tia SI đến điểm M tách thành hai tia: một tia phản xạ tại M còn một tia truyền qua nêm không khí và phản xạ trên mặt G_2, ló ra theo đường MIS. Tại M có sự gặp nhau của hai tia phản xạ trên hai mặt nêm và chúng giao thoa với nhau.

- Hiệu quang lộ của hai tia là:

$$\boxed{\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}} \qquad (II.11)$$

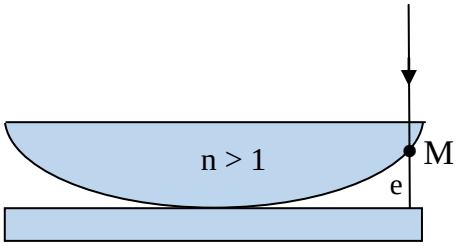
+ Khi $\delta = k\lambda$: vân giao thoa cực đại (vân sáng)

+ Khi $\delta = (k+1/2)\lambda$: vân giao thoa cực tiểu (vân tối). Tại mép nêm là vân tối.

⊗ Vân tròn Newton:

- Đặt một thấu kính phẳng lồi L có bán kính cong R lên một tấm thủy tinh phẳng P. Giữa thấu kính và bản thủy tinh phẳng là không khí.

Hình II.8:



- Tại M sẽ có sự giao thoa giữa 2 tia phản xạ. Hiệu quang lộ của 2 tia là:

$$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2} \qquad \text{(II.12)}$$

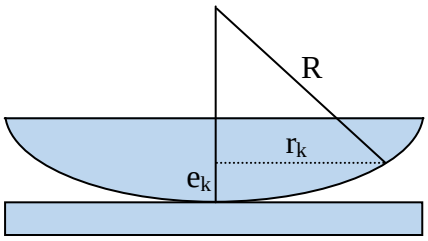
+ Khi $\delta = k\lambda \Leftrightarrow e = (2k-1)\lambda/4$: vân giao thoa cực đại (vân sáng).

+ Khi $\delta = (k+1/2)\lambda \Leftrightarrow e = k\lambda/2$: vân giao thoa cực tiểu (vân tối).

- Vân Newton là hệ các vòng tròn sáng tối đồng tâm, có tâm trùng với đỉnh của thấu kính. Tại đỉnh của thấu kính là vân tối.

+ Bán kính của vân tối thứ k được xác định như sau:

Hình II.9:

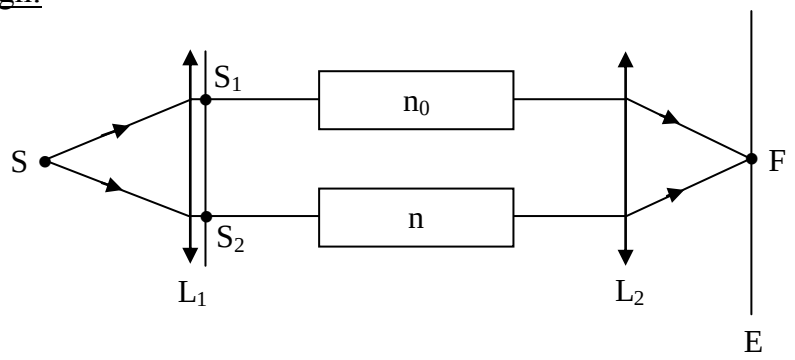


$$r_k^2 = R^2 - (R - e_k)^2 \qquad \text{(II.13)}$$

e. Các giao thoa kế

⊗ Giao thoa kế Rayleigh:

Hình II.10:



- Ánh sáng đơn sắc từ nguồn S sau khi qua thấu kính L_1 và hai khe S_1, S_2 bị tách thành hai chùm song song. Hai chùm tia giao thoa trên mặt phẳng tiêu E của thấu kính hội tụ L_2.

- Khoảng cách giữa vân giao thoa (cùng sáng hoặc cùng tối) liên tiếp là:

$$x = \lambda\frac{f}{a} \qquad \text{(với f là tiêu cự của thấu kính)}$$

- Khi một trong hai ống được thay thế bởi 1 chất có chiết suất n thì hiệu quang lộ thay đổi thành:

$$\delta = (n - n_0)d \qquad \text{(với d là chiều dài ống trụ)}$$

Hệ vân sẽ dịch chuyển đi k vân nên:

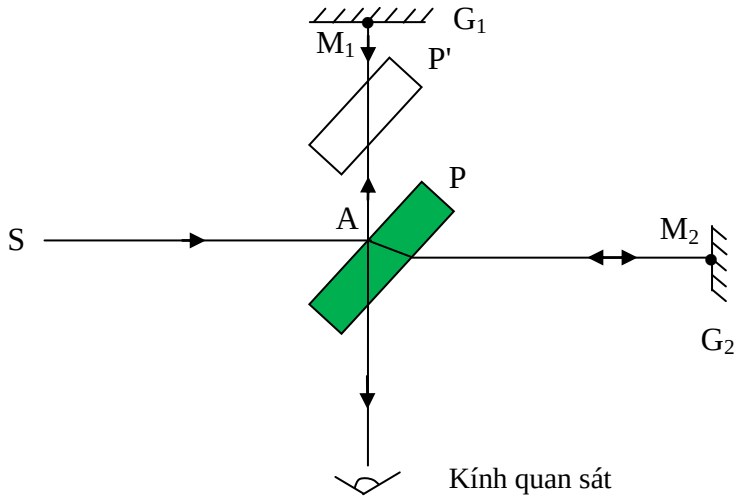
$$d(n - n_0) = k\lambda$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{n = k\frac{\lambda}{d} + n_0} \qquad \text{(II.14)}$$

Bằng cách đếm số vân dịch chuyển (k) ta có thể xác định được chiết suất n theo n_0.

⊗ Giao thoa kế Michelson:

- Giao thoa kế Michelson dùng để đo chiều dài của một vật với độ chính xác rất cao.



Hình II.11:

- Ánh sáng từ S rọi với tấm thủy tinh P dưới góc tới 45^0 vào một mặt được tráng bạc (mặt bán mạ). Tia sáng SA tách thành hai tia. Hai tia này lần lượt tới gặp gương gương tại M_1, M_2 rồi phản xạ trở lại và đi vào kính quan sát, giao thoa với nhau. Gương P' để làm giảm hiệu quang lộ giữa hai tia.

- Khi dịch chuyển một gương song song với chính nó dọc theo tia sáng một đoạn bằng λ/2 thì hiệu quang lộ thay đổi một lượng là λ và hệ thống vân dịch chuyển đi một khoảng vân.

- Muốn đo chiều dài của một vật nào đó, ta dịch chuyển gương từ đầu này sang đầu kia của vật và đếm số vân dịch chuyển. Nếu hệ vân dịch chuyển một khoảng là k vân thì chiều dài của vật cần đo là:

$$\boxed{l = k\frac{\lambda}{2}} \qquad \text{(II.15)}$$

3. Nhiễu xạ ánh sáng

- Hiện tượng tia sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng khi đi gần các chướng ngại vật (vật nhiễu xạ) được gọi là hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng. Thực chất của nhiễu xạ chính là giao thoa của vô số nguồn.

a. Nguyên lý Hugen – Fresnel

- Bất kỳ một điểm nào mà ánh sáng truyền đến đều trở thành nguồn sóng thứ cấp phát ánh sáng.

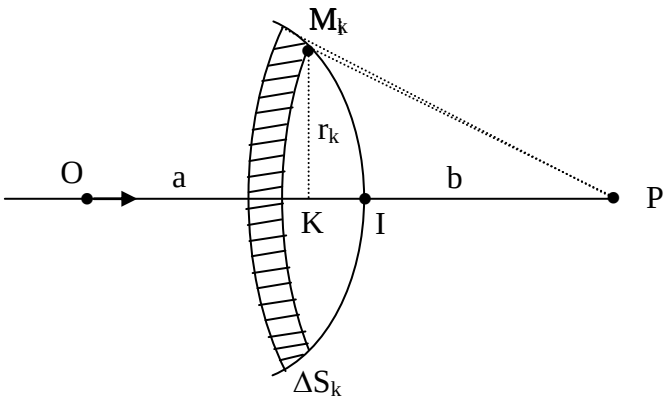
- Biên độ và pha ban đầu của nguồn thứ cấp là biên độ và pha của nguồn thực gây ra tại vị trí của nguồn thứ cấp.

b. Nhiễu xạ Fresnel

- Là nhiễu xạ sóng cầu ở khoảng cách hữu hạn.

- Giả sử có nguồn sáng điểm mặt cầu S tâm O. Tất cả các sóng trên mặt S đều đồng pha với nhau. Fresnel chia mặt cầu S thành những yếu tố diện tích ΔS_i thích hợp (đới cầu Fresnel).

Hình II.12:



- Lấy P làm tâm, dựng hàng loạt mặt cầu tâm P bán kính lần lượt bằng:

$b + k\lambda/2$ (k = 0, 1, 2,…)

Đặt: OI = a, IP = b, $M_kK = h_k$, $KI = x_k$.

- Diện tích chỏm cầu thứ k là: $2\pi a.x_k$ (với x_k là chiều cao của chỏm cầu). Do đó, hiệu diện tích của hai chỏm cầu liên tiếp là:

$$\Delta S_k = 2\pi a\,(x_{k+1} - x_k)$$

Mà: $r_k^2 = a^2 - (a - x_k)^2 = \left(b + k\frac{\lambda}{2}\right)^2 - (b + x_k)^2$

Bỏ qua λ^2 cạnh λb ta có:

$$x_k = \frac{kb}{a+b}\frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow \Delta S_k = 2\pi a\left(\frac{(k+1-k)b}{a+b}\right)\frac{\lambda}{2}$$

$$\boxed{\Delta S_k = \frac{\pi ab}{a+b}\lambda} \qquad \text{(II.16)}$$

- Diện tích của đới cầu thứ k không phụ thuộc vào k và S = const.

- Bán kính của đới cầu thứ k là:

$$r_k^2 = a^2 - (a - x_k)^2 = 2ax_k = \frac{ab}{a+b}k\lambda$$

$$\Rightarrow \boxed{r_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b}k\lambda}} \qquad \text{(II.17)}$$

- Biên độ dao động tổng hợp tại P là:

$$S_P = \frac{S_1 \pm S_n}{2}$$ (dấu "+" khi n lẻ và dấu "–" khi n chẵn)

Khi không có màn chắn thì $S_n \to 0$ do đó: $S_P = \frac{S_1}{2}$

Cường độ sáng tại P là: $I_P = S_P^2 = \frac{S_1^2}{4}$

$$\Rightarrow I_P = \frac{I_1}{4}$$

⊗ Nhiễu xạ qua một lỗ tròn:

- Giả sử lỗ tròn mở ra q đới đầu tiên. Biên độ tổng hợp tại P là:

$$S_P = \frac{S_1 \pm S_q}{2}$$

- Nếu q không lớn lắm $\Rightarrow S_P \approx S_1 \Rightarrow I_P \approx I_1$ (như vậy cường độ sáng gấp 4 lần khi không có màn chắn).

- Nếu lỗ tròn chứa đúng một đới đầu tiên (q = 1) thì:

$\Rightarrow S_P = S_1 \Rightarrow I_P = I_1$ (cường độ sáng là lớn nhất)

- Nếu lỗ tròn chứa đúng hai đới đầu tiên (q = 2) thì:

$\Rightarrow S_P = (S_1 - S_1)/2 \Rightarrow I_P = 0$ (cường độ sáng là nhỏ nhất)

⊗ Nhiễu xa qua một đĩa tròn:

- Giữa nguồn sáng O và điểm A có một đĩa chắn sáng nhỏ. Đĩa sẽ chắn q đới đầu tiên. Dao động tổng hợp tại P là:

$$S_P = \frac{S_{q+1} \pm S_n}{2} = \frac{S_{q+1}}{2} \qquad (\text{vì } S_n \to 0)$$

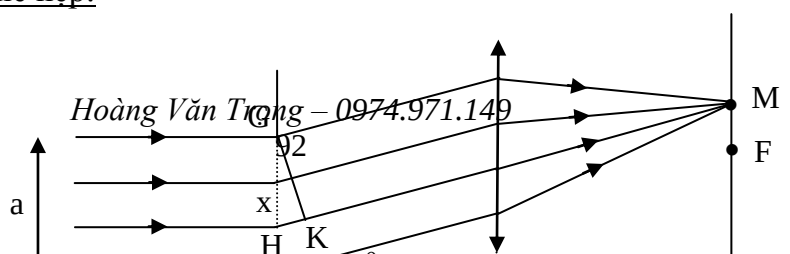
- Nếu q không lớn lắm thì: $S_{q+1} \approx S_1 \Rightarrow S_P = S_1/2 \Rightarrow I_P = I_1/4$.

- Nếu q lớn thì P sẽ tối: $S_P = S_{q+1} \approx 0 \Rightarrow I_P = 0$.

c. Nhiễu xạ Fraunhofer

- Là nhiễu xạ sóng phẳng ở khoảng cách rất xa (nhiễu xạ sóng phẳng ở vô cực).

⊗ Nhiễu xạ qua một khe hẹp:



Hoàng Văn Trọng – 0974.971.149

Hình II.13:

- Xét các sóng phẳng thứ cấp truyền theo phương θ, gặp nhau tại M trên màn E.

- Một dải tại khe có độ rộng dx, cách mép G một đoạn là x (HG = x). Chấn động thứ cấp gửi từ dải tại G và dải tại H có hiệu quang lộ là:

$$\delta = HK = x.\sin\theta$$

- Giả sử biên độ của chấn động thứ cấp phát đi từ toàn bộ khe là A_0 thì biên độ phát đi từ một dải dx là: $\frac{A_0}{a}dx$ (với a là độ rộng của khe hẹp)

+ Biểu thức chấn động của dải dx từ điểm G phát đến M là:

$$ds_G = \frac{A_0}{a}dx.\sin(\omega t)$$

+ Biểu thức chấn động của dải dx từ điểm H phát đến M là:

$$ds_H = \frac{A_0}{a}dx.\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x\sin\theta}{\lambda}\right) \qquad \text{với } T = \frac{2\pi}{\omega}$$

- Chấn động tổng hợp do toàn khe gây ra tại M là:

$$s_M = \int_0^a ds_M = \int_0^a \frac{A_0}{a}\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x\sin\theta}{\lambda}\right)dx$$

$$s_M = A_0 \frac{\sin\frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}}{\frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}}\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{a\sin\theta}{2\lambda}\right) \qquad \text{(II.18)}$$

- Biên độ dao động sáng tại M theo phương θ có giá trị là:

$$A_\theta = A_0 \frac{\sin\frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}}{\frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}}$$

- Cường độ sáng tại M theo phương θ là:

$$I_M = A_\theta^2 = A_0^2 \frac{\sin^2 u}{u^2} \quad (\text{với } u = \frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}) \quad (II.19)$$

$\Rightarrow$ Cường độ sáng là hàm số của góc nhiễu xạ θ: $I_\theta = f(\theta)$

- Vị trí góc các cực đại, cực tiểu nhiễu xạ:

+ Khi $\sin\theta = 0$: cực đại chính giữa (cực đại trung tâm)

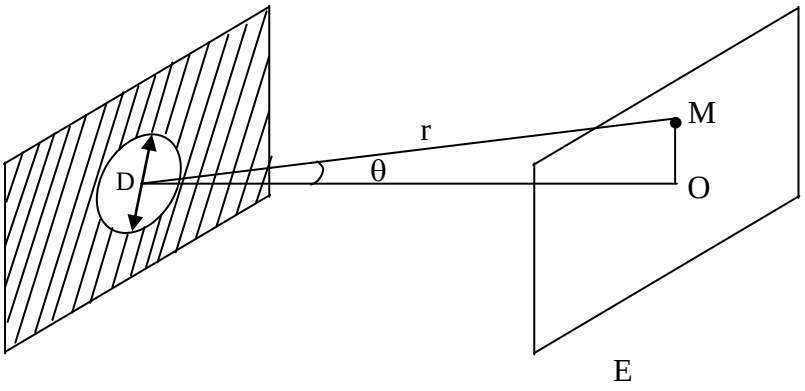
+ Khi $\sin\theta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a}$ (k = ±1, ±2, ±3,…): cực đại nhiễu xạ.

+ Khi $\sin\theta = k\frac{\lambda}{a}$ (k = ±1, ±2, ±3,…): cực tiểu nhiễu xạ.

- Khi khe rất hẹp, a ≈ λ → sinθ = 1 → θ = π/2. Cực đại trung tâm mở rộng vô hạn, ánh sáng chiếu khắp màn.

⊗ Nhiễu xạ qua một lỗ tròn:

Hình II.14:



- Cực đại trung tâm là một hình tròn bán kính R = OM.

$$R = OM = 1{,}22.\frac{r\lambda}{D}$$ (với D là đường kính lỗ tròn)

$$\Rightarrow \sin\theta = 1{,}22.\frac{\lambda}{D} \quad (II.20)$$

⊗ Nhiễu xạ qua hai khe hẹp:

- Khi hai khe có độ rộng đáng kể (a đủ lớn) thì hình ảnh trên màn là tổng hợp của hai hiện tượng: nhiễu xạ ánh sáng qua mỗi khe và giao thoa của ánh sáng sau khi đi qua khỏi khe.

- Cường độ sáng được xác định như sau:

$$I = A_0^2 \frac{\sin^2 u}{u^2}.\cos^2 v$$

Trong đó: $\begin{cases} u = \dfrac{\pi}{\lambda} a\sin\theta \\ v = \dfrac{\pi}{\lambda} d\sin\theta \end{cases}$

(với a là độ rộng mỗi khe và d là khoảng cách giữa hai tâm khe.

+ Thừa số $\dfrac{\sin^2 u}{u^2}$ là kết quả nhiễu xạ qua một khe độ rộng a

+ Thừa số $\cos^2 v$ là kết quả giao thoa của 2 khe có tâm cách nhau một khoảng d.

⊗ <u>Nhiễu xạ qua nhiều khe (nhiễu xạ qua cách tử):</u>

- Cách tử là một hệ gồm N khe song song cách đều nhau, cùng độ rộng và cùng nằm trên một mặt phẳng.

+ a là độ rộng cách tử.

+ d là khoảng cách giữa hai tâm khe hẹp liên tiếp (hằng số hay chu kỳ cách tử).

+ L là chiều dài cách tử (tính bằng mm).

+ n là số vạch trên 1mm (n = N/L).

(Nếu đề bài cho b là độ dài khoảng ngăn giữa hai khe thì khoảng cách giữa hai tâm khe là: d = a + b)

- Nhiễu xạ tương ứng với góc θ thì:

+ Cực đại chính: $\sin\theta = k\dfrac{\lambda}{d}$ (với k = 0, ±1, ±2,…)

+ Cực tiểu: $\sin\theta = k\dfrac{\lambda}{Nd}$ (với k = ±1, ±2,…)

+ Cực đại phụ: $\sin\theta = \left(k + \dfrac{1}{2}\right)\dfrac{\lambda}{Nd}$ (với k = ±1, ±2,…)

- Cường độ ánh sáng trong trường hợp tổng quát:

$$I_M = A_\theta^2 \frac{\sin^2 u}{u^2} . \frac{\sin^2 Nv}{\sin^2 v} \qquad \text{(II.21)}$$

Trong đó: $\begin{cases} u = \dfrac{\pi}{\lambda} a\sin\theta \\ v = \dfrac{\pi}{\lambda} d\sin\theta \end{cases}$ với a là độ rộng khe và d là khoảng cách giữa hai tâm khe.

- Cường độ cực đại phụ: $\frac{N^2}{\pi^2\left(k+\frac{1}{2}\right)^2}$ và vị trí góc: $\sin\theta = \pm\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{Nd}$

- Tính chất tán sắc của cách tử:

+ Độ tán sắc góc:

$$\boxed{D_a = \frac{d\theta}{d\lambda}} \qquad \text{(II.22)}$$

(dθ là khoảng cách góc giữa hai cực đại giao thoa bậc k ứng với bước sóng λ và (λ + dλ)).

+ Năng suất phân giải:

$$\boxed{kN = \frac{\lambda}{d\lambda}} \qquad \text{(II.23)}$$

Ý nghĩa: Đối với cách tử có N khe thì khi quan sát cực đại giao thoa bậc k, ta có thể phân biệt được các cực đại giao thoa này theo tiêu chuẩn Rayleigh ứng với bước sóng λ và (λ ± dλ).

⊗ <u>Nhiễu xạ tia X (tia Roentgen):</u>

- Cực đại giao thoa xuất hiện khi:

$$\boxed{2d\sin\theta = k\lambda} \qquad \text{(II.24)} \qquad (\text{với } k = 1, 2, 3,\ldots)$$

Trong đó: d là khoảng cách giữa hai mặt tinh thể, θ là góc giữa tia tới và mặt phẳng phản xạ.

4. Phân cực ánh sáng

Phân cực là một đặc tính của sóng ngang. Ánh sáng có thể phân cực chứng tỏ ánh sáng là sóng ngang. Phương phân cực của sóng ánh sáng là phương dao động của véctơ điện trường $\vec{E}$.

<u>Cách tạo ánh sáng phân cực:</u>

- *Phân cực do vật liệu lưỡng hướng sắc:*

+ Bản Tuamalin.

+ Bản Polaroid.

+ Cường độ ánh sáng khi truyền qua kính phân cực bằng một nửa cường độ ánh sáng tự nhiên. Ánh sáng tự nhiên khi qua kính phân cực thu được ánh sáng phân cực. Ánh sáng phân cực này nếu tiếp tục truyền qua kính phân cực khác thì cường độ của nó được xác định theo định luật Malthus:

Khi cho một chùm sáng tự nhiên rọi qua 2 bản Tuamalin có quang trục (phương ưu tiên cho ánh sáng truyên qua) hợp với nhau một góc θ thì cường độ ánh sáng nhận được sau khi qua hệ 2 kính tỷ lệ với $\cos^2\theta$.

$$\boxed{I = I_1\cos^2\theta} \qquad \text{(II.25)}$$

Trong đó:

- I là cường độ ánh sáng khi đi qua kính phân cực thứ 2 (kính phân tích)
- I_1 là cường độ ánh sáng sau khi đi qua kính phân cực thứ 1. ($I_1 = I_0/2$ với I_0 là cường độ ánh sáng tự nhiên).
- θ là góc giữa hai quang trục của hai kính phân cực.

$$\Rightarrow I = \frac{I_0}{2}\cos^2\theta$$

- Phân cực ánh sáng do phản xạ và khúc xạ:

Một tia sáng tự nhiên đến đập lên mặt phân cách giữa hai môi trường (bề mặt chất điện môi) dưới góc tới i và tách thành 2 tia: phản xạ và khúc xạ.

+ Tia phản xạ là ánh sáng phân cực một phần. Nếu i thay đổi, mức độ phân cực của ánh sáng phản xạ thay đổi theo và đạt cực đại (phân cực toàn phần) khi:

$$\boxed{\tan i = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}} \qquad \text{(II.26)}$$

(n_2 là chiết suất của môi trường chất điện môi và n_1 là chiết suất của môi trường ánh sáng tới. Góc i trong trường hợp này gọi là góc Brewster: $i_B = \arctan\frac{n_2}{n_1}$).

+ Tia khúc xạ cũng là ánh sáng phân cực và không bao giờ là ánh sáng phân cực toàn phần. Khi $i = i_B$ thì tia khúc xạ phân cực mạnh nhất, khoảng 15% và tia phản xạ vuông góc với tia khúc xạ.

- Phân cực vì chiết quang kép:

Chiếu một tia sáng tự nhiên vuông góc với bề mặt tinh thể lưỡng chiết. Khi đi vào tinh thể, tia sáng tách thành hai.

+ Tia truyền thẳng là tia thường (tuân theo định luật khúc xạ). Đối với tia thường ta có: $\frac{\sin i}{\sin r_1} = n_1 = \text{const}$ (với n_1 là chiết suất của tinh thể đối với tia thường).

+ Tia bị lệch khỏi phương truyền là tia bất thường. Đối với tia bất thường ta có:

$$\frac{\sin i}{\sin r_2} = n_2 \neq \text{const}$$ (với n_2 là chiết suất của tinh thể đối với tia bất thường).

Cả tia thường và tia bất thường đều là ánh sáng phân cực toàn phần. Tia thường có véctơ cường độ điện trường $\vec{E}$ vuông góc với mặt phẳng chứa tia thường và quang trục. Tia bất thường có véctơ cường độ điện trường $\vec{E}$ nằm trong mặt phẳng chứa tia bất thường và quang trục.

Vận tốc truyền sáng của tia bất thường (v_2) luôn lớn hơn hoặc bằng vận tốc truyền sáng của tia thường (v_1): $v_2 \geq v_1$

5. Lượng tử ánh sáng

a. Bức xạ nhiệt

- Bức xạ nhiệt là quá trình bức xạ sóng điện từ của vật bị nung nóng.

- Năng suất bức xạ riêng phần: là năng lượng phát ra từ một đơn vị thời gian, trên một đơn vị diện tích, trong một đơn vị bước sóng: $e_{\lambda,T}$

- Năng suất bức xạ toàn phần:

$$E_T = \int_0^{\infty} e_{\lambda,T} d\lambda \qquad \text{(II.27)}$$

- Hệ số hấp thụ riêng phần: là tỷ số của phần năng lượng hấp thụ $\left(d\phi'_\lambda\right)$ so với công suất bức xạ $\left(d\phi_\lambda\right)$ mà yếu tố dS trên bề mặt vật nhận được.

$$a_{\lambda,T} = \frac{d\phi'_\lambda}{d\phi_\lambda} \qquad \text{(II.28)}$$

- Định luật Kirchhoff: Tỷ số giữa năng suất bức xạ riêng phần và hệ số hấp thụ riêng phần của vật không phụ thuộc vào bản chất của vật. Tỷ số này chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và bước sóng của ánh sáng.

$$\varepsilon_{\lambda,T} = \frac{e_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}} \qquad \text{(II.29)}$$

+ Hệ quả của định luật:

- Ở một nhiệt độ, vật hấp thụ mạnh bước sóng nào thì có khả năng phát xạ mạnh bước sóng đó.
- Đối với vật đen tuyệt đối (vật hấp thụ lý tưởng): $a_{\lambda,T} = 1 \quad \forall \lambda, T$

  $\Rightarrow \varepsilon_{\lambda,T} = e_{\lambda,T}$
- Vật hấp thụ lý tưởng là vật phát xạ lý tưởng.

b. Các định luật bức xạ của vật đen tuyệt đối

- *Định luật Stefan - Boltzmann:*

Năng suất bức xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối được xác định như sau:

$$E_T = \sigma T^4 \qquad W/m^2 \qquad \text{(II.30)}$$

(với σ là hằng số thực nghiệm, $\sigma = 5{,}6687.10^{-8}\ W/m^2K^4$)

- *Công thức Wien:*

$$\varepsilon_{\lambda,T} = \frac{C_1}{\lambda^5}.e^{\frac{-C_2}{\lambda T}} \qquad \text{(II.31)} \qquad \text{(đúng với miền bước sóng ngắn)}$$

- *Công thức Rayleigh – Jeans:*

$$\varepsilon_{\lambda,T} = \frac{2\pi c}{\lambda^4}.kT \qquad \text{(II.32)} \qquad \text{(đúng với miền bước sóng dài)}$$

(với k là hằng số Boltzmann và k = 1,38.10^{-23}J/K)

- *Thuyết lượng tử Planck:*

+ Các nguyên tử, phân tử phát xạ hay hấp thụ năng lượng của một bức xạ điện tử một cách gián đoạn.

+ Đối với một bức xạ điện từ đơn sắc bước sóng λ, tần số f $\left(f = \frac{c}{\lambda}\right)$ thì lượng tử năng lượng bằng: hf (với h là hằng số Planck và h = 6,625.10^{-34} J.s)

+ Biến thiên của hàm mật độ phổ năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối:

$$\varepsilon_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5}.\frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \qquad \text{(II.33)}$$

(với k là hằng số Boltzmann và phương trình nghiệm đúng với mọi bước sóng)

$\Rightarrow$ Công thức Planck là công thức tổng quát. Từ công thức này có thể suy ra công thức *Wien, Rayleigh – Jeans, Stefan – Boltzmann.*

+ Bước sóng λ_{max} ứng với cực đại của mật độ phổ năng suất bức xạ $e_{\lambda,T}$ của vật đen tuyệt đối tỷ lệ nghịch với nhiệt độ của vật.

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} \qquad \text{(II.34)}$$

(với b là hệ số dịch chuyển Wien và được xác định bằng thực nghiệm, b = 2898 μm)

$$\Rightarrow \varepsilon_{\lambda,T} = bT^5 \qquad \text{(II.35)}$$

c. Thuyết lượng tử ánh sáng của Einstein

- Ánh sáng được cấu tạo bởi vô số hạt gọi là lượng tử ánh sáng (photon)

- Mỗi một photon có một năng lượng xác định bằng: hf (h là hằng số Planck và f là tần số ánh sáng).

- Photon chuyển động trong chân không với vận tốc ánh sáng (c = 3.10^8 m/s), khối lượng nghỉ bằng 0, động lượng $p = \frac{h}{\lambda}$ (II.36), khối lượng: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

- Khi một vật phát xạ hay hấp thụ bức xạ điện từ thì có nghĩa là vật đó phát hay hấp thụ photon.

- Cường độ của chùm sáng tỷ lệ với số photon phát ra từ nguồn trong một đơn vị thời gian.

d. Hiện tượng quang điện

- *Thí nghiệm và hiện tượng:*

Chiếu một ánh sáng có bước sóng thích hợp lên kim loại có thể làm cho các điện tử trong đó thoát ra khỏi bề mặt kim loại. Hiện tượng này được gọi là hiện tượng quang điện, điện tử thoát ra được gọi là quang điện tử. Dòng chuyển dời có hướng của các quang điện tử gọi là dòng quang điện.

- *Các quy luật của dòng quang điện:*

+ Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi chiếu ánh sáng vào kim loại có bước sóng giới hạn xác định gọi là giới hạn quang điện: $\lambda \le \lambda_0$ (λ_0 phụ thuộc vào bản chất của kim loại).

+ Theo định luật bảo toàn năng lượng, năng lượng của photon phải bằng công thoát A của điện tử ra khỏi bề mặt kim loại cộng với động năng ban đầu của điện tử:

$$hf = A + \frac{1}{2}mv_0^2 \qquad \text{(II.37)}$$

Để hiện tượng quang điện xảy ra thì bước sóng tới phải thỏa mãn điều kiện:

$$h\frac{c}{\lambda} \ge A \quad \Leftrightarrow \quad \lambda \le \frac{hc}{A} = \lambda_0 \qquad \text{(II.38)}$$

+ Khi tăng hiệu điện thế giữa anot và catot, cường độ dòng điện sẽ tăng lên sau đó bão hòa. Cường độ dòng điện bão hòa tỷ lệ với cường độ ánh sáng tới.

+ Để giảm dòng quang điện về 0, phải đặt một hiệu điện thế hãm U_h. Giá trị U_h phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng và bản chất của kim loại.

$$U_h = \frac{1}{2}\frac{mv_0^2}{e} \qquad \text{(II.39)}$$

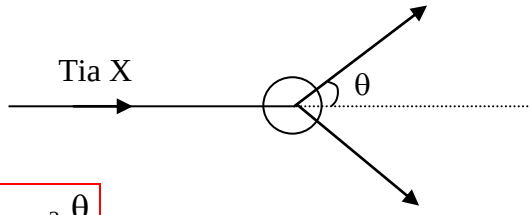
(v_0 là vận tốc ban đầu cực đại của điện tử, $e = 1{,}6.10^{-19}$C)

e. Hiệu ứng Compton

- *Thí nghiệm và kết quả:*

Chiếu một chùm tia X có bước sóng λ vào các chất như: paraphin, graphit,…Trong phổ tia X tán xạ, ngoài vạch có bước sóng λ của chùm tia X tới còn thấy xuất hiện vạch có bước sóng $\lambda' > \lambda$. Bước sóng λ' không phụ thuộc cấu tạo của chất được chiếu tia X mà chỉ phụ thuộc vào góc tán xạ θ.

Hình II.15:

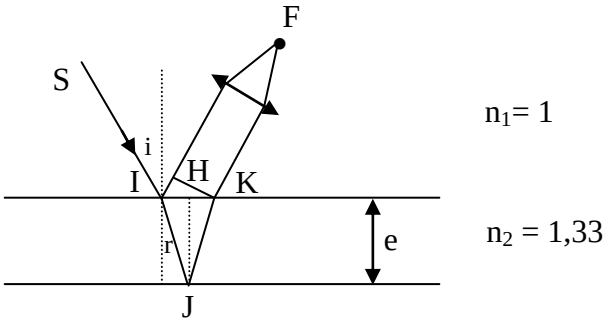


Ta có: $$\lambda' - \lambda = \frac{2h}{m_e c}\sin^2\frac{\theta}{2} = 2k\sin^2\frac{\theta}{2} \qquad \text{(II.40)}$$

($\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ gọi là độ dịch Compton, $k = 2{,}4.10^{-12}$ m là hằng số thực nghiệm)

B. BÀI TẬP

<u>Bài 1:</u> Chiếu chùm ánh sáng trắng xuống bản mỏng có chiết suất n = 1,33 trong không khí với góc tới 60^o, ánh sáng có bước sóng 550nm phản xạ cho cường độ cực đại với bậc giao thoa bằng 2. Hãy xác định bề dày của bản mỏng. Ngoài ánh sáng trên còn ánh sáng đơn sắc nào khi phản xạ cũng cho cường độ cực đại.



<u>Xác định bề dày e của bản mỏng:</u>

- Vì bản mỏng có chiết suất bằng 1,33 lớn hơn chiết suất của không khí nên tia phản xạ tại I sẽ có pha dao động thay đổi một lượng π radian và quang lộ thay đổi một lượng λ/2. Do đó hiệu quang lộ giữa hai tia phản xạ là:

$$\delta = 2ne.\cos r - \frac{\lambda}{2}$$ (xem lý thuyết phần II, mục 2d)

- Theo đề bài, ánh sáng phản xạ cho cường độ cực đại với bậc giao thoa bằng 2, do đó ta có:

$$\delta = k\lambda = 2\lambda$$

$$\Leftrightarrow 2ne.\cos r - \frac{\lambda}{2} = 2\lambda \Leftrightarrow 2ne.\cos r = \frac{5}{2}\lambda \Leftrightarrow e = \frac{5\lambda}{4n\cos r}$$

- Góc khúc xạ r được xác định theo định luật khúc xạ:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\Rightarrow \sin r = \frac{\sin i.n_1}{n_2} \Rightarrow r = \arcsin\left(\frac{\sin i.n_1}{n_2}\right) \Rightarrow r = \arcsin\left(\frac{\sin 60^o.1}{1,33}\right)$$

$$r = \arcsin(0,651146)$$

$$\Rightarrow r = 40,628^0$$

Vậy, bề dày của bản mỏng là:

$$e = \frac{5\lambda}{4n\cos r} = \frac{5.550.10^{-9}}{4.1,33.\cos(40,628^0)} = 6,81.10^{-7}\,m = 681nm$$

<u>Xét xem còn ánh sáng đơn sắc nào khi phản xạ cũng cho cường độ cực đại:</u>

Giả sử một ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ' khi phản xạ cũng cho cường độ cực đại (với điều kiện 400nm ≤ λ' ≤ 700nm). Ta có:

$$2ne.\cos r - \frac{\lambda'}{2} = k\lambda'$$

$$\Rightarrow \quad \lambda' = \frac{2ne.\cos r}{k+\frac{1}{2}} = \frac{2.1,33.681.\cos(40,628^0)}{k+\frac{1}{2}} = \frac{1374,813}{k+\frac{1}{2}}$$

+ Khi k = 0 ⇒ λ' = 2749,63 nm: không phải là sóng ánh sáng.

+ Khi k = 1 ⇒ λ' = 1031,1 nm: không phải là sóng ánh sáng.

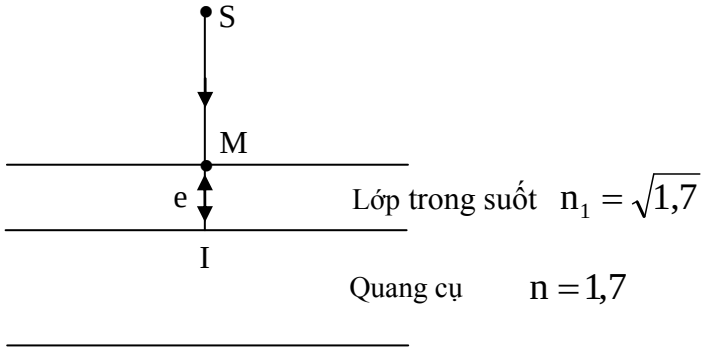
+ khi k = 2 ⇒ λ' = 550 nm: là sóng ánh sáng nhưng trùng với bước sóng cũ.

+ Khi k = 3 ⇒ λ' = 392,8 nm: không phải sóng ánh sáng.

+ Khi k ≥ 4 ⇒ λ' ≤ 305,514: không phải là sóng ánh sáng.

Vậy, ngoài ánh sáng bước sóng 550nm thì không còn ánh sáng có bước sóng khác mà khi phản xạ cũng cho cường độ cực đại.

<u>Bài 2:</u> Trên bề mặt của một quang cụ làm bằng thủy tinh có chiết suất n = 1,7 người ta phủ một lớp trong suốt có chiết suất $n_1 = \sqrt{1,7}$. Hãy xác định bề dày tối thiểu của lớp trong suốt để ánh sáng có bước sóng 550nm không bị phản xạ. Coi ánh sáng chiếu vuông góc.



Ánh sáng không bị phản xạ tức là: khi ta chiếu một tia sáng từ S đến vuông góc với bề mặt lớp trong suốt thì sẽ tách thành hai tia. Một tia phản xạ tại M. Tia thứ hai đi vào trong và gặp bề mặt phân cách với quang cụ, phản xạ ngược trở lại. Cả hai tia có quang lộ thay đổi một lượng λ/2 (do phản xạ trên bề mặt môi trường chiết quang hơn). Hai tia gặp nhau tại M và giao thoa triệt tiêu nhau.

Như vậy, lớp trong suốt đóng vai trò là lớp phủ khử phản xạ.

- Hiệu quang lộ của hai tia phản xạ này là:

$$\delta = 2(IM) = 2n_1e$$

- Ánh sáng triệt tiêu khi:

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \Leftrightarrow \quad 2n_1 e = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \Leftrightarrow \quad e = \frac{\left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda}{2n_1}$$

(với k = 0, ±1, ±2,…)

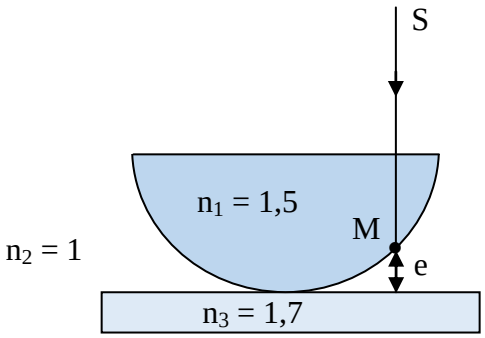
Vậy, bề dày tối thiểu của lớp phủ trong suốt là:

$$e = \frac{\left(0 + \frac{1}{2}\right)\lambda}{2\sqrt{1,7}} = \frac{\frac{1}{2}550}{2\sqrt{1,7}} = 105,5\,(\text{nm})$$

<u>Bài 3:</u> Mặt cầu của thấu kính phẳng lồi tiếp xúc với bản thủy tinh. Bán kính cong của thấu kính là R = 100cm. Chiếu chùm sáng đơn sắc có bước sóng λ = 0,5μm tới vuông góc với bản thủy tính sao cho vân Newton xuất hiện ở mặt trên mặt cong của thấu kính. Cho biết chiết suất của vật liệu làm thấu kính là n_1 = 1,5 và chiết suất của thủy tinh là n_3 = 1,7.

a) Hãy xác định bán kính của vân tối thứ 5.

b) Không gian giữa thấu kính và bản chứa đầy sulphua cacbon có chiết suất n_2 = 1,63. Hãy xác định bán kính của vân tối thứ 5.



a) Xác định bán kính của vân tối thứ 5:

Giả sử khoảng không gian giữa thấu kính và bản thủy tinh là không khí (n_2 = 1).

- Tại M có sự giao thoa của hai tia phản xạ. Tia phản xạ thứ nhất phản xạ trên môi trường chiết quang kém nên quang lộ không bị thay đổi một lượng λ/2, ngược lại tia phản xạ thứ hai phản xạ trên môi trường chiết quang hơn nên quang lộ của nó thay đổi một lương bằng λ/2.

- Hiệu quang lộ của hai tia là:

$$\delta = 2n_2 e + \frac{\lambda}{2} = 2e + \frac{\lambda}{2}$$ (vì n_2 = 1 là chiết suất của không khí)

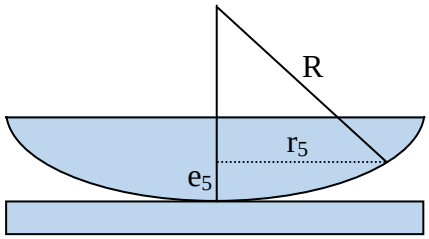
- Để tại M là vân tối thì:

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow 2e + \frac{\lambda}{2} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow e = k\frac{\lambda}{2}$$

- Tại vân tối thứ 5 (tương ứng với k = 5) thì bề dày lớp không khí giữa thấu kính và bản thủy tinh là:

$$e_5 = 5\frac{\lambda}{2} = 5.\frac{0,5}{2} = e_5 = 1,25 \quad (\mu m)$$

- Vậy, bán kính vân tối thứ 5 là:



$$r_5 = \sqrt{R^2 - (R - e_5)^2}$$

$$r_5 = \sqrt{1^2 - (1 - 1,25.10^{-6})^2}$$

$$r_5 = 1,58 \quad (mm)$$

Hoặc có thể dùng công thức gần đúng sau:

$$r_5 = \sqrt{\frac{Rk\lambda}{n_2}}$$ (với $n_2 = 1$ vì là chiết suất của không khí)

$$r_5 = \sqrt{1.5.0,5.10^{-6}} = 1,58 \quad (mm)$$

b) Xác định bán kính của vân tối thứ 5 khi khoảng không gian giữa thấu kính và bản thủy tinh chứa đầy sunfua carbon có chiết suất $n_2 = 1,63$

Trong trường hợp này thì quang lộ của cả hai tia đều thay đổi một lượng λ/2 do chúng đều phản xạ trên bề mặt chiết quang hơn. Hiệu quang lộ là:

$$\delta = 2n_2e + \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2} = 2n_2e$$ (với n_2 là chiết suất của sunfua carbon)

Để tại M là vân tối thì:

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow 2n_2e = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow e = k\frac{\lambda}{2n_2} + \frac{\lambda}{4n_2}$$

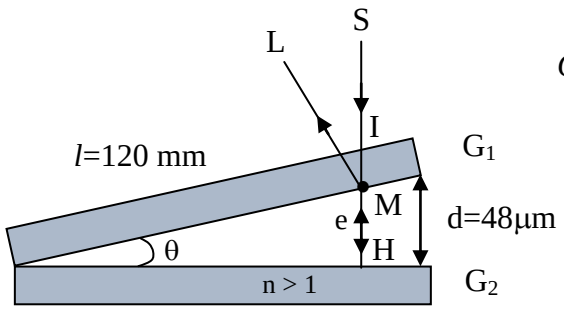
Như vậy, vân tối đã bị co lại, vân tối thứ nhất ứng với k = 0 (ở câu a thì vân tối thứ nhất ứng với k = 1, k = 0 là một điểm tối nên không được coi là vân). Bán kính vân tối thứ 5 ứng với k = 4:

$$r_5 = \sqrt{\frac{Rk\lambda}{n_2}} = \sqrt{\frac{1.4.0,5.10^{-6}}{1,63}} = 1,11 \quad (mm)$$

<u>Bài 4:</u> Hai tấm thủy tinh dài 120 mm có một đầu chạm nhau còn đầu kia cách nhau 48 µm tạo thành nêm không khí. Chiếu chùm ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ = 0,48 µm xuống vuông góc với mặt dưới của nêm. Hãy xác định:

a) Khoảng vân.

b) Số vân giao thoa quan sát được.



a) Khoảng vân:

- Khoảng vân là khoảng cách giữa hai vân sáng hoặc hai vân tối liên tiếp.
- Khi hai tia phản xạ giao thoa với nhau tại M thì hiệu quang lộ của chúng là:

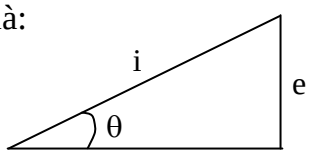
$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = 2e + \frac{\lambda}{2}$$ (vì n = 1 là chiết suất của không khí)

Để tại M là vân tối thì:

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \Leftrightarrow \quad 2e + \frac{\lambda}{2} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \Leftrightarrow \quad e = k\frac{\lambda}{2}$$

Tại mép nêm là vân tối. Lấy khoảng vân tương ứng với k = 0 và k = 1, do đó bề dày e của nêm tại vị trí tương ứng là: 0 và $\frac{\lambda}{2}$.

$\Rightarrow$ Khoảng cách vân là:



$$i = \frac{e}{\sin\theta} = \frac{\lambda}{2} : \frac{d}{l} = \frac{\lambda}{2} . \frac{l}{d} = \frac{0{,}48}{2} . \frac{120.10^3}{48} = 600 \quad (\mu m)$$

b) Số vân giao thoa quan sát được:

- Số khoảng vân tại mặt dưới của nêm là:

$$\frac{l}{i} = \frac{120.10^3}{600} = 200$$ (khoảng vân)

- Tại hai đầu mút của nêm là vân tối $\rightarrow$ có tất cả 201 vân tối.
- Xen kẽ giữa vân tối là các vân sáng $\rightarrow$ có tất cả 200 vân sáng.

$\Rightarrow$ Số vân giao thoa quan sát được là: 401 vân.

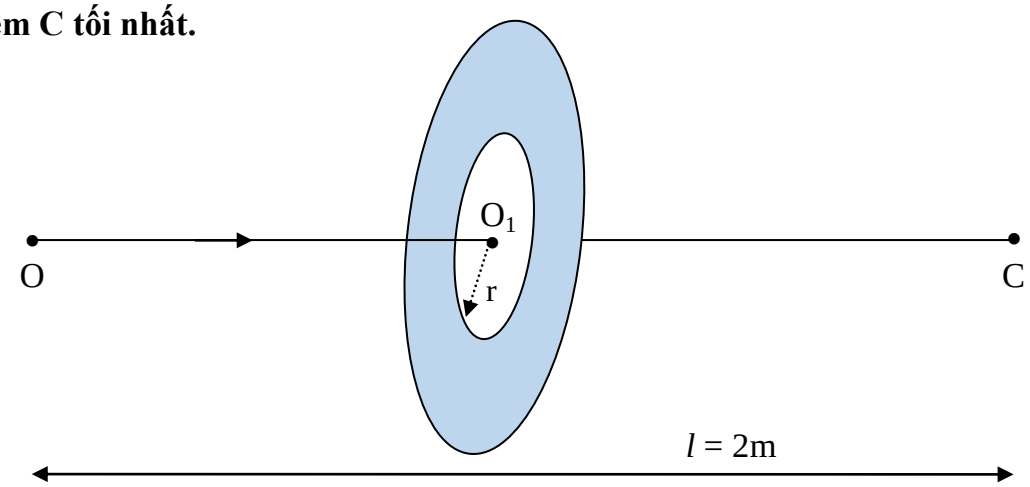
Bài 5:

dfh

<u>Bài 5:</u> Một nguồn sáng ở điểm O phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng 600nm. Điểm C cách nguồn 2m. Người ta đặt một lỗ tròn truyền sáng bán kính r, tâm O_1 ở chính giữa OC. Đường thẳng OO_1C vuông góc với mặt phẳng chứa lỗ tròn. Hãy xác định bán kính r để;

a) Điểm C có cường độ lớn nhất.

b) Điểm C tối nhất.



Đây là trường hợp nhiễu xạ Fresnel qua một lỗ tròn: Ánh sáng từ nguồn O phát sóng cầu về phía điểm C, nhưng trên đường truyền của nó đã bị giới hạn bởi một lỗ tròn truyền sáng.

Xem lý thuyết phần II, mục 3b.

a) Để cường độ sáng tại C là lớn nhất thì lỗ tròn phải chứa đúng một đới Fresnel đầu tiên.

- Bán kính của lỗ tròn bằng bán kính của đới Fresnel thứ 1:

$$r_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b}k\lambda}$$

(với a là khoảng cách từ O đến O_1 và b là khoảng cách từ O_1 đến C)

$$\Rightarrow r_1 = \sqrt{\frac{1.1}{1+1}.1.600.10^{-9}} = 548 \quad (\mu m)$$

b) Để điểm C là tối nhất thì lỗ tròn phải chứa đúng hai đới đầu tiên.

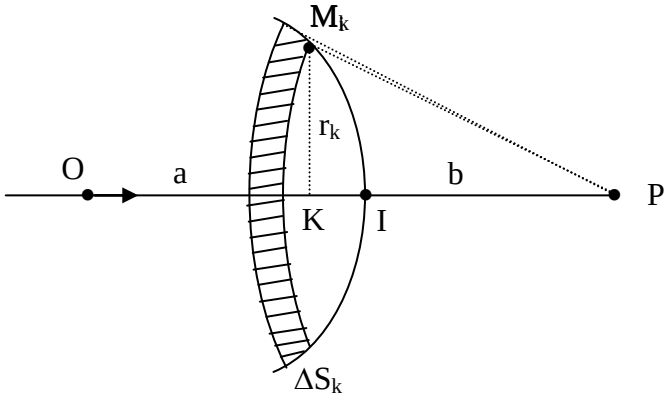
- Bán kính của lỗ tròn bằng bán kính của đới Fresnel thứ 2:

$$r_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b}k\lambda}$$

(với a là khoảng cách từ O đến O_1 và b là khoảng cách từ O_1 đến C)

$$\Rightarrow r_2 = \sqrt{\frac{1.1}{1+1}.2.600.10^{-9}} = 775 \quad (\mu m)$$

<u>Bài 6:</u> Một nguồn sáng điểm phát ánh sáng đơn sắc bước sóng λ = 0,5μm được đặt trên trục vuông góc đi qua tâm của lỗ tròn truyền sáng, bán kính r = 1 mm, cách lỗ tròn một khoảng a = 1m. Hãy xác định khoảng cách b từ màn đến điểm quan sát để đối với điểm đó lỗ tròn chứa đúng 3 đới Fresnel.



Lỗ tròn chứa đúng 3 đới Fresnel có nghĩa là bán kính của lỗ tròn đúng bằng bán kính của đới Fresnel thứ 3.

- Ta có, bán kính đới Fresnel thứ 3 là:

$$r_3 = \sqrt{\frac{ab}{a+b}3\lambda}$$

(với a là khoảng cách từ nguồn sáng đến tâm của lỗ tròn, b là khoảng cách từ tâm lỗ tròn đến điểm nhiễu xạ trên màn)

$$\Leftrightarrow r = \sqrt{\frac{ab}{a+b}3\lambda} \quad \text{(vì } r_3 = r \text{ là bán kính lỗ tròn)}$$

$$\Leftrightarrow r^2 = \frac{ab}{a+b}3\lambda \Leftrightarrow r^2(a+b) = 3ab\lambda \Leftrightarrow ar^2 + br^2 = 3ab\lambda$$

$$\Leftrightarrow br^2 - 3ab\lambda = -ar^2 \Leftrightarrow b(r^2 - 3a\lambda) = -ar^2 \Leftrightarrow b = \frac{ar^2}{3a\lambda - r^2}$$

$$\Leftrightarrow b = \frac{1.10^{-6}}{3.1.0,5.10^{-6} - 10^{-6}} = 2 \quad (m)$$

<u>Bài 7:</u> Chiếu chùm ánh sáng đơn sắc bước sóng λ = 0,44 μm tới vuông góc với khe hẹp bề rộng a. Trên màn quan sát đặt cách khe hẹp 1m người ta đo được khoảng cách từ cực tiểu nhiễu xạ thứ 2 đến cực đại chính giữa là 50cm. Hãy xác định:

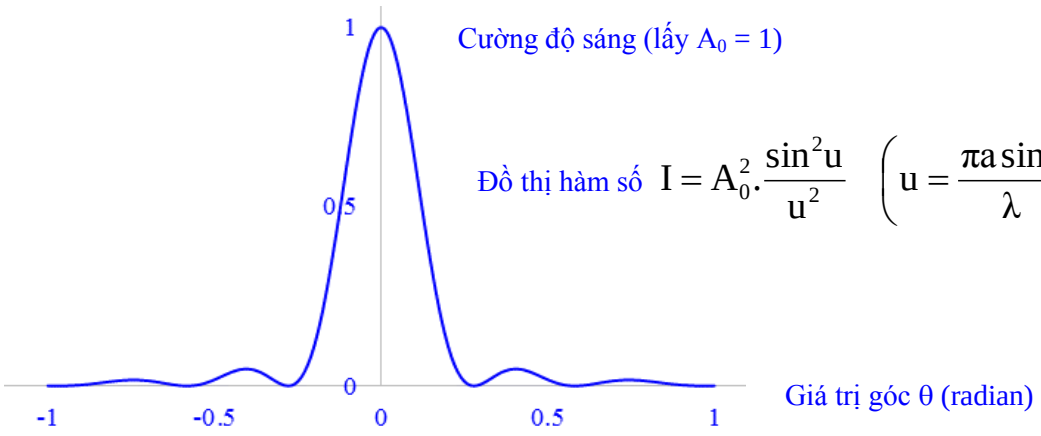
a) Góc nhiễu xạ ứng với cực tiểu thứ 2.

b) Bề rộng a của khe hẹp.

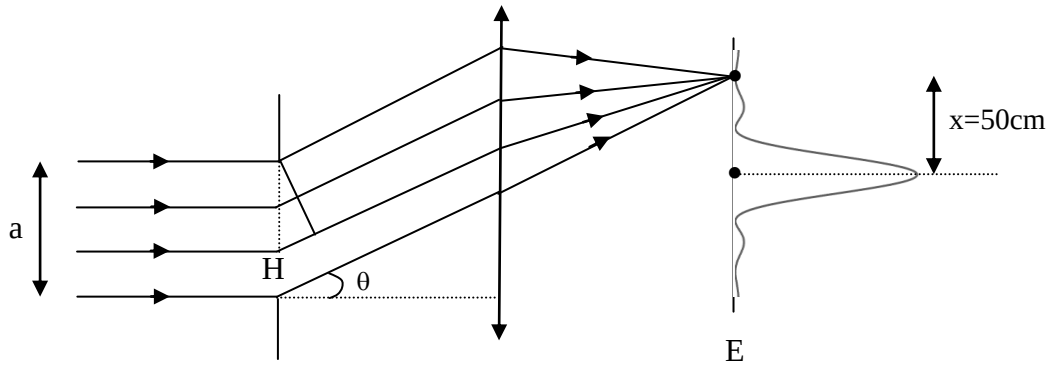
<u>Lời giải:</u>

a) Góc nhiễu xạ ứng với cực tiểu thứ 2:

Phân bố cường độ sáng trên màn khi nhiễu xạ qua một khe như sau:



Các giá trị điểm cực tiểu tương ứng với: sin θ = kλ/a (với a là độ rộng khe)



Trong trường hợp này, thấu kính hội tụ phải đặt sát khe hẹp (mình vẽ cách xa ra nhìn cho dễ).

Khoảng cách từ cực tiểu nhiễu xạ thứ hai đến cực đại chính giữa là x = 50cm. Góc nhiễu xạ θ của cực tiểu thứ hai ứng với khoảng cách trên thỏa mãn:

$$\tan\theta = \frac{x}{D}$$ (với D là khoảng cách từ khe hẹp đến màn quan sát)

$$\theta = \arctan\frac{x}{D} = \arctan\frac{50.10^{-2}}{1} = \arctan(0,5) = 26,57^0$$

b) Bề rộng a của khe hẹp:

Góc nhiễu xạ θ ứng với cực tiểu khi:

$$\sin\theta = k\frac{\lambda}{a} \text{ với } k = \pm1, \pm2, \pm3,\ldots.$$

Góc nhiễu xạ ứng với cực tiểu thứ 2 thì k = 2:

$$\Leftrightarrow \quad \sin\theta = 2\frac{\lambda}{a} \quad \Leftrightarrow \quad a = \frac{2\lambda}{\sin\theta} = \frac{2.0{,}44}{\sin\left(26{,}57^0\right)} = 1{,}97 \quad (\mu m)$$

<u>Bài 8:</u> Trong một thí nghiệm nhiễu xạ của sóng phẳng qua một khe hẹp dài vô hạn, bề rộng khe là a = 1200nm, khoảng cách từ màn đến khe hẹp là 1m, ánh sáng có bước sóng 600nm. Lấy chính giữa màn làm gốc, hãy xác định vị trí góc và vị trí trên màn của cực đại phụ và cực tiểu thứ nhất (về phía góc âm) trong các trường hợp khi chùm sáng tới:

a) Vuông góc với khe hẹp.

b) Tạo với pháp tuyến của khe hẹp một góc 30^o.

<u>Lời giải:</u>

a) Khi chùm sáng tới vuông góc với khe hẹp:

Khi nhiễu xạ ánh sáng qua một khe hẹp thì chỉ có cực đại chính và cực tiểu, không có cực đại phụ.

- Vị trí góc là θ (về phía góc âm) của cực tiểu thứ nhất thỏa mãn:

$$\sin\theta = -\frac{\lambda}{a}$$

$$\Rightarrow \theta = \arcsin\left(-\frac{\lambda}{a}\right) = \arcsin\left(-\frac{600}{1200}\right) = \arcsin(-0{,}5) = -30^0$$

- Vị trí trên màn của cực tiểu thứ nhất là:

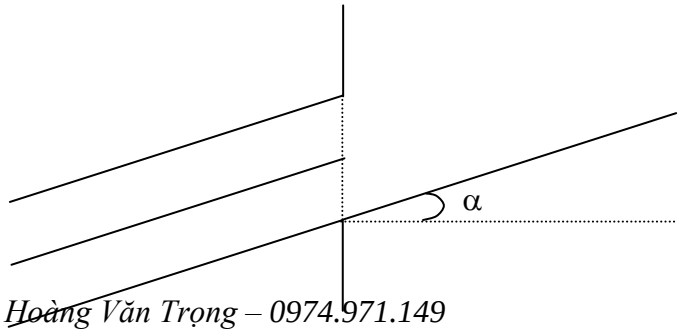
$x = D\tan\theta$ (với D = 1m là khoảng cách từ khe hẹp đến màn)

$$x = 1.\tan\left(-30^0\right) = -0{,}577(m)$$

b) Khi chùm sáng tới tạo với khe hẹp một góc 30^0:

Khi chùm sáng tới tạo với khe hẹp một góc α thì chùm sáng có thể nằm phía trên hoặc phía dưới đường vuông góc với khe hẹp (nếu xét phía sau của khe). Giả sử chùm sáng nằm phía trên của đường vuông góc với khe hẹp và α > 0:

(trường hợp chùm sáng nằm dưới đường vuông góc và α < 0 thì làm tương tự)



Khi đó, cực đại trung tâm của hình nhiễu xạ sẽ dịch lên phía trên tương ứng với góc 30^0 và vị trí của cực đại trung tâm cách điểm giữa màn một khoảng 0,577m về phía trên.

Trong trường hợp này thì cực tiểu nhiễu xạ thứ nhất (về phía góc âm) thỏa mãn:

$$\sin\theta - \sin\alpha = -\frac{\lambda}{a}$$

$$\Rightarrow \sin\theta = \sin\alpha - \frac{\lambda}{a} = \sin 30^0 - \frac{600}{1200} = 0$$

$$\Rightarrow \theta = 0^0$$

Vậy cực tiểu nhiễu xạ thứ nhất (về phía góc âm) nằm ở chính giữa màn và góc nhiễu xạ $\theta = 0^o$.

<u>Bài 9:</u> Chiếu chùm sáng đơn sắc song song bước sóng λ = 0,55 µm tới hai khe hẹp giống nhau có bề rộng a = 0,25mm; khoảng cách hai khe là d = 1,55mm. Màn quan sát cách mặt phẳng chứa hai khe đoạn D = 1m.

a) Xác định khoảng cách giữa các cực đại giao thoa.

b) Có bao nhiêu vân sáng quan sát được trong cực đại trung tâm của bao hình nhiễu xạ.

<u>Lời giải:</u>

a) Khoảng cách giữa các cực đại giao thoa:

Khi nhiễu xạ qua hai khe thì vị trí vân sáng được cho bởi:

$$\sin\theta = k\frac{\lambda}{d}$$ (với λ là bước sóng và d là khoảng cách hai khe)

- Khoảng cách góc giữa 2 cực đại giao thoa thỏa mãn:

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{d} \Leftrightarrow \theta = \arcsin\left(\frac{\lambda}{d}\right) = \arcsin\left(\frac{0{,}55.10^{-6}}{1{,}55.10^{-3}}\right) = \arcsin\left(3{,}55.10^{-4}\right)$$

$$\theta = 0{,}02^0$$

- Khoảng cách giữa 2 cực đại giao thoa:

$i = D\tan\theta$ (với D là khoảng cách từ mặt phẳng khe đến màn)

$$i = 1.\tan 0{,}02^0 = 3{,}49.10^{-4} \ (\text{m}) \ = 349 \ (\mu\text{m})$$

b) Số vân sáng quan sát được trong cực đại trung tâm của bao hình nhiễu xạ.

Số vân sáng quan sát được đều là vân cực đại chính.

Số vân sáng nằm trong cực đại trung tâm của bao hình nhiễu xạ được giới hạn từ góc $\theta_1 = 0^0$ đến góc θ_2 sao cho $\sin\theta_2 = \frac{\lambda}{a}$

- Mà: $\frac{d}{a} = \frac{1,55}{0,25} = 6,2$

Do đó, sẽ có 6 vân sáng nằm về một phía của bao hình nhiễu xạ (không tính vân sáng trung tâm)

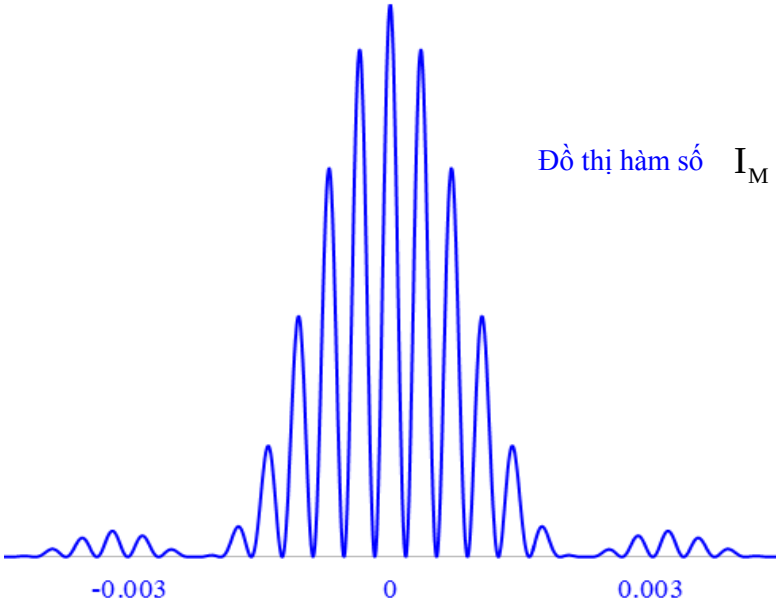
- Vậy số vân sáng quan sát được là:

6.2 + 1 = 13 (vân)

Lưu ý: nếu d/a = 6 thì chỉ có 5 vân sáng nằm về một phía của bao hình nhiễu xạ.

Các bạn có thể tham khảo hình ảnh nhiễu xạ qua hai khe với tỷ số $\frac{d}{a}$ khác nhau dưới đây:

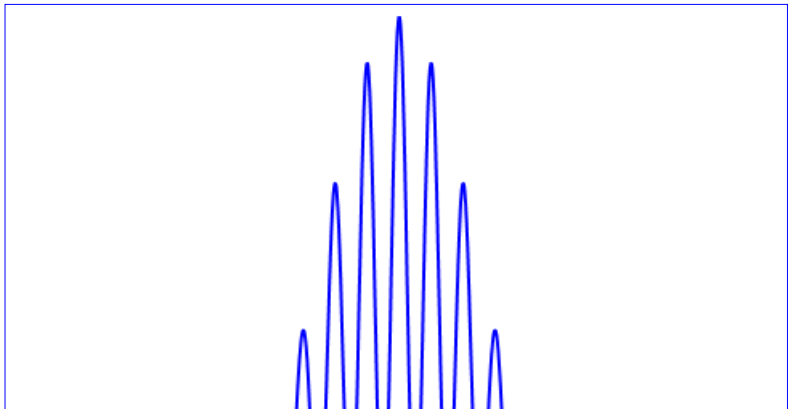
+ Với $\frac{d}{a} = \frac{1,55}{0,25} = 6,2$: số vân sáng quan sát được trong cực đại trung tâm của bao hình nhiễu xạ là 13 (nhìn kỹ vân sáng ở mép dưới của bao hình nhiễu xạ vì nó rất thấp).



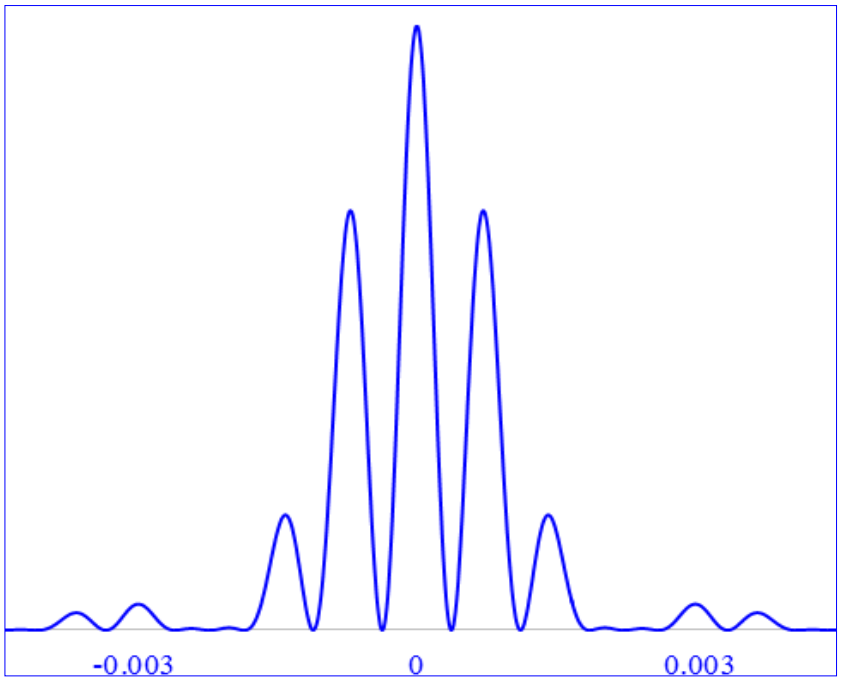
Đồ thị hàm số $I_M = A_\theta^2 \frac{\sin^2 u}{u^2} . \frac{\sin^2 Nv}{\sin^2 v}$

$$\begin{cases} u = \frac{\pi}{\lambda} a\sin\theta \\ v = \frac{\pi}{\lambda} d\sin\theta \end{cases}$$

+ Với $\frac{d}{a} = 6$: số vân sáng quan sát được trong cực đại trung tâm của bao hình nhiễu xạ là 11, vì cực đại thứ 6 nhiễu xạ qua hai khe nằm trùng với cực tiểu đầu tiên trong trường hợp nhiễu xạ qua một khe nên nó bị triệt tiêu.



+ Với $\frac{d}{a}=3$: cực đại thứ 3 trong trường hợp nhiễu xạ qua hai khe nằm trùng với cực tiểu đầu tiên trong trường hợp nhiễu xạ qua một khe. Vì vậy, ta chỉ quan sát được 5 vân sáng trong bao hình nhiễu xạ trung tâm.



<u>Bài 10:</u> Chiếu một chùm sáng đơn sắc bước sóng 600nm tới vuông góc với một cách tử có hằng số (chu kỳ) là d = 1900nm và số khe là N = 10^4. Sau cách tử đặt một thấu kính hội tụ, màn quan sát đặt ở mặt phẳng tiêu diện của thấu kính. Hãy xác định:

a) Vị trí và bề rộng góc của vạch quang phổ bậc 2.

b) Trên màn quan sát được bao nhiêu vạch quang phổ.

<u>Lời giải:</u>

a) Vị trí và bề rộng góc của vạch quang phổ bậc 2:

- Vì chùm sáng là đơn sắc nên các vạch quang phổ hoàn toàn phân biệt với nhau. Vạch quang phổ bậc 2 tương đương với cực đại chính và k bằng 2.

+ Vị trí góc là θ thỏa mãn:

$$\sin\theta = 2\frac{\lambda}{d} = \frac{2.600}{1900} = \frac{12}{19}$$

$$\Rightarrow \theta = \arcsin\left(\frac{12}{19}\right) = 39{,}1667^0$$

+ Bề rộng góc của vạch quang phổ bậc 2 được tính bằng độ chênh lệch góc ứng với cực đại chính bậc 2 và cực tiểu thứ nhất của phổ bậc 2.

+ Vị trí góc ứng với cực tiểu thứ nhất của phổ bậc 2 là:

$$\sin\theta' = \frac{2\lambda}{d} + \frac{\lambda}{Nd} = \frac{(2N+1)\lambda}{Nd}$$

$$\Rightarrow \theta' = \arcsin\left(\frac{(2N+1)\lambda}{Nd}\right) = \arcsin\left(\frac{(2.10^4+1).600}{10^4.1900}\right) = 39{,}169^0$$

$\Rightarrow$ Bề rộng góc của vạch quang phổ bậc 2 là:

$$\Delta\theta = \theta' - \theta = 39{,}169^0 - 39{,}1667^0 = 0{,}0023^0$$

b) Trên màn quan sát được bao nhiêu vạch quang phổ

- Các vạch quang phổ thỏa mãn điều kiện:

$$\sin\theta = k\frac{\lambda}{d} \quad \Leftrightarrow \quad k = \frac{\sin\theta}{\frac{\lambda}{d}} = \frac{d\sin\theta}{\lambda}$$

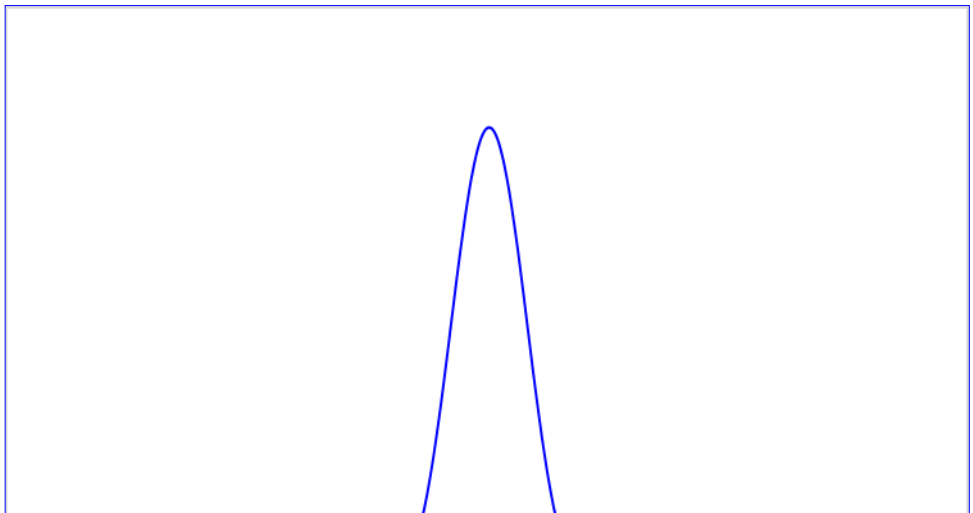
Mà $\sin\theta < 1$ nên: $k \le \frac{d}{\lambda} = \frac{1900}{600} = 3{,}167$

Như vậy, về mỗi bên của cực đại trung tâm sẽ có 3 cực đại chính. Số vân sáng (vạch quang phổ) quan sát được trên màn là:

3.2 + 1 = 7 (vân)

Lưu ý: Số vạch quang phổ quan sát được trên màn chỉ là các cực đại chính vì chúng chiếm gần như toàn bộ năng lượng sáng tới. Nếu đề bài yêu cầu tính số cực đại nhiễu xạ theo lý thuyết thì phải tính cả các cực đại phụ (mặc dù không nhìn thấy bằng mắt thường.

Có thể tham khảo hình ảnh nhiễu xạ như sau:



Nhìn trên hình ảnh nhiễu xạ có thể thấy các cực đại nhiễu xạ chính bậc 3 đã rất mờ và chiếm một phần năng lượng rất nhỏ. Chúng ta không phân biệt được các cực đại phụ nằm giữa các cực tiểu bởi vì tất cả chúng đều dồn thành một cực tiểu.

Bài 11: Chiếu chùm ánh sáng phát ra từ nguồn Natri tới vuông góc với cách tử có các thông số như sau: hằng số d = 1900 nm và số khe N = 10^4. Natri có hai ánh sáng đơn sắc bước sóng 589 nm và 589,59 nm. Hãy xác định:

a) Khoảng cách góc giữa hai vạch quang phổ bậc 2 của hai ánh sáng trên.

b) Cách tử có phân biệt được hai vạch quang phổ bậc 1 của hai ánh sáng trên không. Tại sao?

Lời giải:

a) Khoảng cách góc giữa hai vạch quang phổ bậc 2 của hai ánh sáng:

- Góc ứng với quang phổ bậc 2 của ánh sáng có bước sóng 589nm là:

$$\sin\theta_1 = 2\frac{\lambda_1}{d} = \frac{2.589}{1900} = \frac{1178}{1900}$$

$$\Rightarrow \theta_1 = \arcsin\left(\frac{1178}{1900}\right) = 38{,}3161^0$$

- Góc ứng với quang phổ bậc 2 của ánh sáng có bước sóng 589,59nm là:

$$\sin\theta_1 = 2\frac{\lambda_2}{d} = \frac{2.589{,}59}{1900} = \frac{1179{,}18}{1900}$$

$$\Rightarrow \theta_2 = \arcsin\left(\frac{1178}{1900}\right) = 38{,}3615^0$$

- Khoảng cách góc giữa hai vạch quang phổ bậc 2 của hai ánh sáng trên là:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 38{,}3615^0 - 38{,}3161^0 = 0{,}0454^0$$

b) Cách tử có phân biệt được hai vạch quang phổ bậc 1 của hai ánh sáng trên?:

- Năng suất phân giải của cách tử là:

$$kN = \frac{\lambda_1}{d\lambda}$$ (có thể thay λ_1 bằng λ_2 hoặc bằng $(\lambda_1+\lambda_2)/2$)

Ý nghĩa là: khi quan sát phổ nhiễu xạ bậc k qua cách tử N khe trong miền bước sóng $\lambda_1 \pm d\lambda$ thì hai cực đại nhiễu xạ của hai bước sóng trên có thể phân biệt được với nhau theo tiêu chuẩn Rayleigh: cực đại nhiễu xạ bậc k của bước sóng $\lambda+d\lambda$ trùng với cực tiểu nhiễu xạ bậc k+1 của bước sóng λ.

Cách tử phân biệt được hai vạch quang phổ bậc 1 khi:

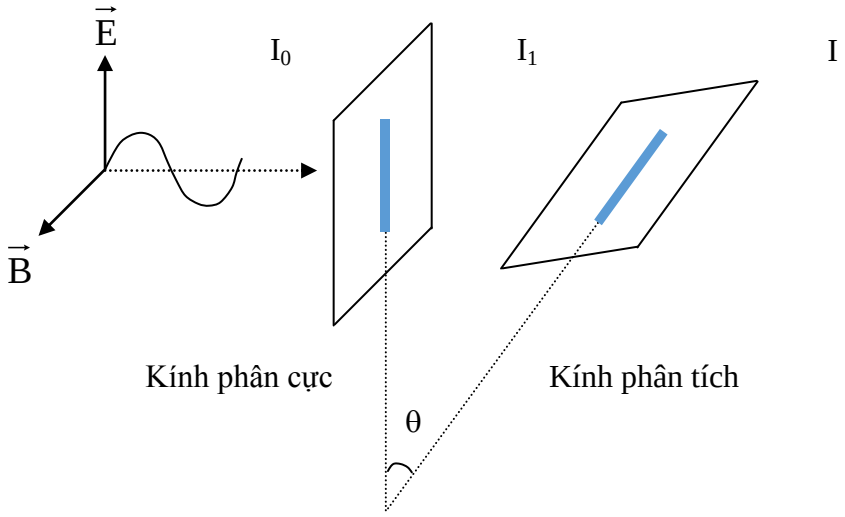
$$\frac{\lambda_1}{d\lambda} \le kN$$

+ Ta có: $kN = 1.10^4 = 10^4$.

+ $\frac{\lambda_1}{d\lambda} = \frac{589}{0,59} = 998,3 \le 10^4$

Vậy cách tử có thể phân biệt được hai vạch quang phổ bậc 1 của hai ánh sáng có bước sóng như trên.

<u>Bài 12:</u> Chiếu chùm ánh sáng tự nhiên có cường độ I_o tới hệ gồm kính phân tích A và kính phân cực P. Hãy xác định góc giữa hai quang trục của hai kính P và A để ánh sáng đi qua hệ $I = I_o/8$. Bỏ qua hiện tượng hấp thụ ánh sáng khi qua hai kính.



- Khi ánh sáng tự nhiên đi qua kính phân cực thì cường độ của nó giảm đi một nửa, còn lại là $I_1 = I_0/2$. Ánh sáng phân cực I_1 này nếu tiếp tục đi qua kính phân cực khác sao cho quang trục của 2 kính tạo với nhau một góc θ thì cường độ ánh sáng còn lại là I và I được xác định theo định luật Malthus:

$$I = I_1.\cos^2\theta \quad \Rightarrow \quad I = \frac{I_0}{2}.\cos^2\theta$$

- Để cho $I = \frac{I_0}{8}$ thì: $\cos^2\theta = \frac{1}{4}$

$$\Rightarrow \theta = \arccos\sqrt{\frac{1}{4}} = \arccos\frac{1}{2}$$

Vậy: $\theta = 60^0$.

<u>Bài 13:</u> Mắt người thông thường nhạy cảm nhất đối với ánh sáng có bước sóng λ = 550 nm. Hãy xác định nhiệt độ của một hốc đen tuyệt đối để mắt người nhìn rõ nhất ánh sáng do nó phát ra.

- Để mắt người nhìn rõ nhất ánh sáng do vật đen tuyệt đối phát ra thì mật độ phổ năng suất bức xạ $e_{\lambda,T}$ của vật đen tuyệt đối phải đạt giá trị cực đại.

- Theo thuyết lượng tử Planck: bước sóng λ_{max} ứng với cực đại của mật độ phổ năng suất bức xạ $e_{\lambda,T}$ của vật đen tuyệt đối tỷ lệ nghịch với nhiệt độ của vật.

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$ (với b là hệ số dịch chuyển Wien và được xác định bằng thực nghiệm, b = 2898 μm)

$$\Rightarrow T = \frac{b}{\lambda_{max}} = \frac{2898.10^{-6}}{550.10^{-9}} = 5269 \quad \text{(độ K)}$$

<u>Bài 14:</u> Phổ bức xạ của mặt trời cực đại ở bước sóng λ_{max} = 480 nm. Coi bề mặt của mặt trời như vật đen tuyệt đối. Hãy xác định nhiệt độ bề mặt và năng suất bức xạ toàn phần của mặt trời. Cho hệ số Stefan – Boltzmann σ = 5,67.10^{-8} W/m^{2}K^4. Hệ số dịch chuyển Wien b = 2898 μm.K.

- Nhiệt độ bề mặt của mặt trời tương ứng với phổ năng suất bức xạ cực đại là:

$$T = \frac{b}{\lambda_{max}} = \frac{2898.10^{-6}}{480.10^{-9}} = 6037,5 \quad \text{(độ K)}$$

- Năng suất bức xạ toàn phần của bề mặt mặt trời được xác định theo định luật Stefan – Boltzmann:

$$E_T = \sigma T^4 = 5,67.10^{-8}.6037,5^4 = 7,53.10^7 \ (W/m^2)$$

<u>Bài 15:</u> Một nguồn sáng điểm công suất 3W phát ánh sáng đơn sắc bước sóng 589 nm. Hãy xác định số photon đi qua tiết diện 1cm^2 theo phương vuông góc với phương truyền, cách nguồn 1,75 m.

-Ta phải xác định số năng lượng đi qua tiết diện 1cm^2 đó. Mỗi photon có năng lượng bằng hc/λ, từ đó tính được số photon đi qua tiết diện 1cm^2.

- Nguồn sáng điểm công suất 3W phát năng lượng đều qua mặt cầu bán kính R = 1,75m. Toàn bộ năng lượng 3W này phát đều qua một diện tích bằng $4\pi R^2$.

- Do đó, lượng năng lượng đi qua tiết diện 1cm^2 theo phương vuông góc với phương truyền là:

$$E = 3.\frac{1.10^{-4}}{4\pi R^2} = 7,8.10^{-6} \quad (W)$$

- Vậy, số photon đi qua tiết diện 1cm^2 là:

$$\frac{E}{\varepsilon}=\frac{E}{\frac{hc}{\lambda}}=\frac{7,8.10^{-6}}{\frac{6,625.10^{-34}.3.10^{8}}{589.19^{-9}}}=2,31.10^{13}\quad(\text{photon})$$

<u>Bài 16:</u> Một photon năng lượng 150 keV tán xạ đàn hồi trên electron tự do đứng yên dưới góc tán xạ 90^o. Cho bước sóng Compton $\lambda = 2,42.10^{-12}$ m, $h = 6,625.10^{-34}$ J.s, $c = 3.10^8$ m/s. Hãy xác định:

a) Năng lượng photon tán xạ.

b) Động năng và vận tốc của electron Compton (sau tán xạ).

<u>Lời giải:</u>

a) Năng lượng photon tán xạ.

$$\varepsilon'=\frac{hc}{\lambda'}$$ (với λ' là bước sóng của photon tán xạ)

Ta có, trong hiện tượng tán xạ Compton thì độ dịch Compton được xác định như sau:

$$\Delta\lambda=\lambda'-\lambda=\frac{2h}{m_e c}\sin^2\frac{\theta}{2}$$ (với θ là góc tán xạ)

$$\Rightarrow \lambda'=\lambda+\frac{2h}{m_e c}\sin^2\frac{\theta}{2}$$

- Bước sóng của photon trước tán xạ là:

$$\lambda=\frac{hc}{\varepsilon}=\frac{6,625.10^{-34}.3.10^{8}}{150.10^{3}.1,6.10^{-19}}=8,28.10^{-12}\quad(\text{m})$$

- Bước sóng của photon tán xạ là:

$$\lambda'=\lambda+\frac{2h}{m_e c}\sin^2\frac{\theta}{2}=8,28.10^{-12}+\frac{2.6,625.10^{34}}{9,1.10^{-31}.3.10^{8}}\sin^2 45^0$$

$$\lambda'=1,07.10^{-11}\quad(\text{m})$$

- Vậy năng lượng của photon tán xạ là:

$$\varepsilon'=\frac{hc}{\lambda'}=\frac{6,625.10^{-34}.3.10^{8}}{1,07.10^{-11}}=1,857.10^{-14}(\text{J})=116\,(\text{keV})$$

b) Động năng và vận tốc của electrôn Compton sau tán xạ:

- Theo định luật bảo toàn năng lượng ta có:

$$\frac{hc}{\lambda}+m_1c^2=\frac{hc}{\lambda'}+m_2c^2$$

(trong đó m_1 là khối lượng nghỉ của electrôn và m_2 là khối lượng electrôn sau tán xạ)

$$\Leftrightarrow m_2 = \frac{h}{c}\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right) + m_1$$

$$\Leftrightarrow m_2 = \frac{6{,}625.10^{-34}}{3.10^{8}}\left(\frac{1}{8{,}28.10^{-12}} - \frac{1}{1{,}07.10^{-11}}\right) + 9{,}1.10^{-31}$$

$$\Leftrightarrow m_2 = 9{,}7.10^{-31} \quad (\text{kg})$$

- Vận tốc v của electrôn Compton sau tán xạ là:

$$m_2 = \frac{m_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\left(1 - \frac{m_1^2}{m_2^2}\right)c^2}$$

$$v = \sqrt{\left(1 - \frac{9{,}1^2}{9{,}7^2}\right).9.10^{16}} = 1{,}04.10^{8} \quad (\text{m/s})$$

- Động năng của electrôn Compton sau tán xạ là:

$$W_đ = \frac{1}{2}m_2 v^2 = \frac{1}{2}.9{,}7.10^{-31}.1{,}04^2.10^{16} = 5{,}25.10^{-15} \quad (\text{J})$$

<u>Bài 17:</u> Một photon năng lượng 58 keV tán xạ đàn hồi trên electron tự do đứng yên, sau tán xạ bước sóng photon tăng lên 25%. Hãy xác định:

a) Góc tán xạ.

b) Bước sóng và năng lượng photon tán xạ.

Cho h = 6,625.10^{-34} J.s, c = 3.10^{8} m/s, k = 2,43.10^{-12} m và lấy 1eV = 1,6.10^{-19}J.

<u>Lời giải:</u>

a) Góc tán xạ:

- Từ hiện tượng tán xạ Compton ta có:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{2h}{m_e c}\sin^2\frac{\theta}{2} \quad \text{(với θ là góc tán xạ)} \qquad (*)$$

$$\Leftrightarrow 25\%.\lambda = \frac{2h}{m_e c}\sin^2\frac{\theta}{2}$$

$$\Leftrightarrow \theta = 2.\arcsin\sqrt{\frac{25\%\lambda m_e.c}{2h}}$$

Mà: $\lambda = \frac{hc}{\varepsilon}$ với ε là năng lượng của photon.

Do đó:

$$\theta = 2.\arcsin\sqrt{\frac{25\%.m_e.c^2}{2\varepsilon}}$$

$$\theta = 2.\arcsin\sqrt{\frac{25\%.9,1.10^{-31}.9.10^{16}}{2.58.10^3.1,6.10^{-19}}} = 2.\arcsin(1,0) = 180^0$$

(không biết đề bài có vấn đề gì không. Trong biểu thức (*) đã thấy $\sin\frac{\theta}{2}$ có giá trị lớn hơn 1).

b) Bước sóng và năng lượng photon tán xạ:

- Bước sóng photon tán xạ:

$$\lambda' = 1,25.\lambda = 1,25.\frac{hc}{\varepsilon} = 1,25.\frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{58.1000.1,6.10^{-19}} = 2,68.10^{-11} \quad (m)$$

- Năng lượng của photon tán xạ:

$$\varepsilon' = \frac{hc}{\lambda'} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{2,68.10^{-11}} = 7,42.10^{-15} \quad (J) \quad = \quad 46,36\,(keV)$$

CÁC BÀI TẬP KHÁC

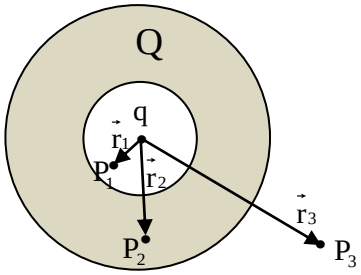
Các bài tập trong mục này được lấy từ quá trình học của một số lớp khác nhau.

Bài 1: Một điện tích q nằm tại tâm một lỗ hổng dạng hình cầu trong một khối cầu lớn bằng kim loại tích điện Q. Hãy xác định:

a) Điện tích trên mặt trong và mặt ngoài của quả cầu.

b) Cường độ điện trường tại các điểm P_1, P_2 và P_3 cách tâm quả cầu lần lượt là r_1, r_2 và r_3

(Bài tập lớp cô: Đặng Thị Thanh Thủy, kỳ hè năm 2014)



a) Điện tích mặt trong và mặt ngoài của quả cầu:

Vì là vật dẫn điện nên điện trường tại những điểm từ mặt trong ra đến sát mặt ngoài bằng 0. Điện trường của quả cầu kim loại chỉ còn thành phần vuông góc với bề mặt ngoài của quả cầu. (xem lại tính chất của vật dẫn tĩnh điện)

Chọn mặt Gauss S là mặt trong của quả cầu rỗng. Theo định lý O – G ta có:

$$\int_S \vec{E}\,\overrightarrow{dS} = \frac{\sum q_i}{\varepsilon_0}$$

Vì điện trường tại mặt trong của quả cầu bằng 0 nên:

$$0 = \frac{\sum q_i}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow \sum q_i = 0 \Leftrightarrow q_{trong} + q = 0 \Leftrightarrow q_{trong} = -q$$

Điện tích của mặt trong bằng – q nên để cho quả cầu vẫn giữ nguyên điện tích Q thì điện tích của mặt ngoài phải tăng lên một lượng bằng q để trung hòa với điện tích của mặt trong (theo định luật bảo toàn điện tích):

$\Rightarrow$ Điện tích mặt ngoài của quả cầu là:

$$Q_{ngoài} = Q + q$$

(hiện tượng này gọi là hiện tượng điện hưởng toàn phần)

b) Cường độ điện trường tại P_1, P_2, P_3:

+ Cường độ điện trường $\vec{E}_1$ tại P_1 cách tâm một khoảng r_1:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_1 tâm tại q, bán kính r_1. Theo định lý O – G ta có:

$$\int_{S_1}\vec{E}_1\overrightarrow{dS}=\frac{q}{\varepsilon_0}\Leftrightarrow\int_{S_1}E_1dS=\frac{q}{\varepsilon_0}\Leftrightarrow E_1\int_{S_1}dS=\frac{q}{\varepsilon_0}$$

(vì mặt cầu có tính đối xứng nên điện trường tại mọi điểm nằm trên mặt cầu có độ lớn bằng nhau)

$$E_1S_1=\frac{q}{\varepsilon_0}\Leftrightarrow E_1=\frac{q}{S_1\varepsilon_0}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0r_1^2}$$

$\vec{E}_1$ có điểm đặt tại P_1 và có chiều từ q đến P_1

+ Cường độ điện trường $\vec{E}_2$ tại P_2 cách tâm một khoảng r_2:

Như hình vẽ, P_2 là điểm nằm bên trong vật dẫn nên điện trường tại đó bằng 0 (tính chất của vật dẫn tĩnh điện)

+ Cường độ điện trường $\vec{E}_3$ tại P_3 cách tâm một khoảng r_3:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S_3 tâm tại q, bán kính r_3. Theo định lý O – G ta có:

$$\int_{S_3}\vec{E}_3\overrightarrow{dS}=\frac{Q+q}{\varepsilon_0}\Leftrightarrow\int_{S_3}E_3dS=\frac{Q+q}{\varepsilon_0}\Leftrightarrow E_3\int_{S_3}dS=\frac{Q+q}{\varepsilon_0}$$

$$\Leftrightarrow E_3S_3=\frac{Q+q}{\varepsilon_0}\Leftrightarrow E_3=\frac{Q+q}{S_3\varepsilon_0}=\frac{Q+q}{4\pi\varepsilon_0r_3^2}$$

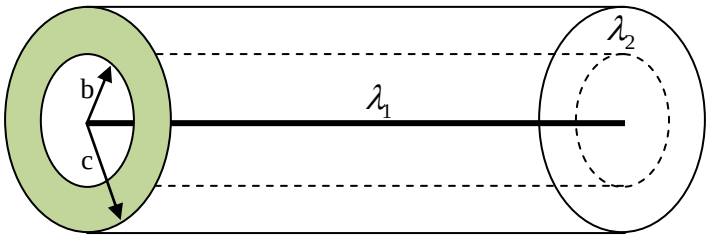
$\vec{E}_3$ có điểm đặt tại P_3 và có chiều từ q đến P_3

<u>Bài 2:</u> Một dây thẳng dài có mật độ điện dài là λ_1 nằm trên trục của một hình trụ kim loại có mật độ điện dài là λ_2. Bán kính trong của hình trụ là b, bán kính ngoài là c. Xác định:

a) Cường độ điện trường trong 3 miền: r < b; b < r < c; r > c.

b) Mật độ điện dài ở mặt trong và mặt ngoài của hình trụ.

(Bài tập lớp cô: Đặng Thị Thanh Thủy, kỳ hè năm 2014)



Bài này tương tự bài 1 ở trên. Thay vì chọn mặt Gauss là mặt cầu thì ta chọn mặt Gauss là mặt trụ có trục là đoạn dây tích điện và bao quanh đoạn dây. Chú ý rằng đoạn

dây phải dài vô hạn để điện trường có giá trị bằng nhau tại mọi điểm cách đều dây. Do đó mới tính điện thông qua mặt Gauss một cách dễ dàng được.

Giả sử chiều dài của đoạn dây là *l*:

a) Cường độ điện trường trong các miền:

* Trong miền $r_1 < b$:

Chọn mặt Gauss là mặt trụ bao quanh đoạn dây, bán kính r_1, có trục trùng với đoạn dây. Áp dụng định lý O – G ta được:

$$\int_S \vec{E}_1 \overrightarrow{dS} = \frac{\sum q}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda_1 l}{\varepsilon_0}$$

(trong đó S là diện tích mặt ngoài của hình trụ)

$$\Leftrightarrow \int_{S\,\text{xung quanh}} \vec{E}_1 \overrightarrow{dS} + 2\int_{S\,\text{đáy}} \vec{E}_1 \overrightarrow{dS} = \frac{\lambda_1 l}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow \int_{Sxq} \vec{E}_1 \overrightarrow{dS} = \frac{\lambda_1 l}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow \int_{Sxq} E_1\, dS = \frac{\lambda_1 l}{\varepsilon_0}$$

(từ thông gửi qua hai đáy bằng 0 do $\vec{E}_1 \perp \overrightarrow{dS}$ của 2 đáy)

$$\Leftrightarrow E_1 S_{xq} = \frac{\lambda_1 l}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow E_1 2\pi r_1 l = \frac{\lambda_1 l}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow E_1 = \frac{\lambda_1}{2\pi\varepsilon_0 r_1}$$

* Trong miền $b < r_2 < c$:

Do vật trụ rỗng là vật dẫn nên điện trường trong lòng vật dẫn bằng 0: $E_2 = 0$

* Trong miền $r_3 > c$:

Khi chưa đặt dây tích điện vào trong lòng vật trụ rỗng dẫn điện thì điện tích mặt trong của hình trụ bằng 0 (vì điện tích tập trung hết ở bên ngoài). Nếu đặt dây tích điện vào trong lòng vật trụ rỗng dẫn điện thì do hiện tượng điện hưởng toàn phần nên mặt trong hình trụ tích điện trái dấu với dây (mặt trong có điện tích là $-l\lambda_1$). (điều này được chứng minh dựa vào định lý O – G)

Mặt trong tích điện âm (thừa electrôn) thì mặt ngoài thừa điện tích dương. Do đó điện tích mặt ngoài sẽ là: $l(\lambda_2 + \lambda_1)$

Chọn mặt Gauss là mặt trụ bao quanh đoạn dây, bán kính r, có trục trùng với đoạn dây. Áp dụng định lý O – G ta được:

$$\int_S \vec{E}_3 \overrightarrow{dS} = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2) l}{\varepsilon_0}$$

(trong đó S là diện tích mặt ngoài của hình trụ)

$$\int_{Sxq} E_3\, dS = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2) l}{\varepsilon_0}$$

(từ thông gửi qua hai đáy bằng 0 do $\vec{E}_3 \perp \overrightarrow{dS}$ của 2 đáy)

$$\Leftrightarrow E_3 S_{xq} = \frac{(\lambda_1+\lambda_2)l}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow E_3 2\pi r_3 l = \frac{(\lambda_1+\lambda_2)l}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow E_3 = \frac{\lambda_1+\lambda_2}{2\pi\varepsilon_0 r_3}$$

b) Mật độ điện dài ở mặt trong và mặt ngoài của hình trụ:

Mật độ điện dài được tính bằng số điện tích trên 1 đơn vị độ dài.

+ Mật độ điện dài ở mặt trong hình trụ là:

$$-\frac{\lambda_1 l}{l} = -\lambda_1$$

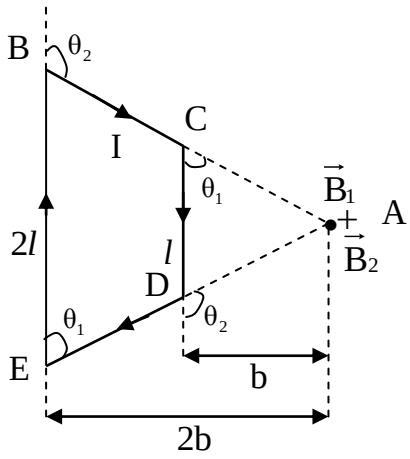
+ Mật độ điện dài ở mặt ngoài hình trụ là:

$$\frac{(\lambda_1+\lambda_2)l}{l} = \lambda_1+\lambda_2$$

Bài 3: Một dòng điện có I = 6,28A chạy trên chu vi hình thang cân. Tỷ số giữa các cạnh đáy bằng 2. Tính từ trường tại điểm A nằm trong mặt phẳng của hình thang. Đáy nhỏ là l = 100mm và khoảng cách từ A đến đáy nhỏ là b = 50mm.

(Bài tập lớp cô: Đặng Thị Thanh Thủy, kỳ hè năm 2014)

Từ trường tại A là từ trường tổng hợp do dòng điện chạy trong các đoạn BC, CD, DE và EB gây nên.



Từ trường do dòng điện chạy trong đoạn BC và DE gây ra bằng 0 vì trên hai đoạn này các yếu tố dòng $I\vec{dl}$ luôn cùng phương với véctơ khoảng cách từ yếu tố dòng tới điểm A. Do đó, tích có hướng: $[I\vec{dl}, \vec{r}] = \vec{0}$

Suy ra, chỉ còn từ trường do đoạn CD và đoạn EB gây ra:

- Từ trường do đoạn CD gây ra là $\vec{B}_1$ có:

+ Điểm đặt tại A.

+ Phương vuông góc với mặt phẳng khung dây.

+ Chiều đi từ trong ra ngoài (ký hiệu dấu chấm tại A)

+ Độ lớn:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi b}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \qquad (1)$$

(công thức này được phép áp dụng luôn nếu trong bài có nhiều hơn 1 đoạn dây)

- Từ trường do đoạn EB gây ra là $\vec{B}_2$ có:

+ Điểm đặt tại A.

+ Phương vuông góc với mặt phẳng khung dây.

+ Chiều đi từ ngoài vào trong (ký hiệu dấu + tại A)

+ Độ lớn:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi 2b}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) = \frac{\mu_0 I}{8\pi b}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \qquad (2)$$

$\Rightarrow$ Từ trường tổng hợp tại A là:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

+ $\vec{B}$ có điểm đặt tại A.

+ $\vec{B}$ có phương vuông góc với mặt phẳng khung dây.

+ Vì $B_1 > B_2$ nên $\vec{B}$ cùng chiều với $\vec{B}_1$ (hướng từ trong ra ngoài)

+ Độ lớn:

$$B = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi b}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) - \frac{\mu_0 I}{8\pi b}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

$$= \frac{\mu_0 I}{8\pi b}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

Ta có: $\cos\theta_1 = \frac{CD/2}{CA} = \frac{l/2}{\sqrt{(l/2)^2 + b^2}}$

$$\cos\theta_2 = -\cos\theta_1 = -\frac{l/2}{\sqrt{(l/2)^2 + b^2}}$$ (vì θ_1 và θ_2 là hai góc phụ nhau)

Do đó:

$$B = \frac{\mu_0 I}{8\pi b}\frac{l}{\sqrt{(l/2)^2 + b^2}} = \frac{4\pi.10^{-7}.6{,}28}{8\pi.0{,}05}\frac{0{,}1}{\sqrt{0{,}05^2 + 0{,}05^2}} = 8{,}88.10^{-6} \quad (T)$$

Bài 4: Trong thí nghiệm với hai khe hẹp độ rộng khe 0,025mm; khoảng cách giữa hai khe là 0,12mm; khoảng cách từ mặt phẳng hai khe tới màn quan sát là 52cm và bước sóng ánh sáng sử dụng là λ = 480nm.

a) Tính khoảng cách giữa các vân giao thoa liên tiếp.

b) Khoảng cách từ cực đại chính giữa đến cực tiểu thứ nhất của bao hình nhiễu xạ là bao nhiêu.

c) Có bao nhiêu vân sáng nằm trong đỉnh trung tâm của bao hình nhiễu xạ.

d) Xác định cường độ của vân sáng thứ 5 theo cường độ sáng của vân sáng trung tâm.

(Bài tập lớp cô: Đặng Thị Thanh Thủy, kỳ hè năm 2014)

a) Khoảng cách giữa các vân giao thoa liên tiếp (cùng sáng hoặc cùng tối):

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{d}$$

(với θ là góc chắn ứng với khoảng cách giữa hai vân, d là khoảng cách giữa 2 khe)

Do góc giao thoa θ rất nhỏ nên có thể coi: $\sin\theta = \tan\theta$. Do đó:

$$\Rightarrow \tan\theta = \frac{\lambda}{d} \Leftrightarrow \frac{i}{D} = \frac{\lambda}{d}$$

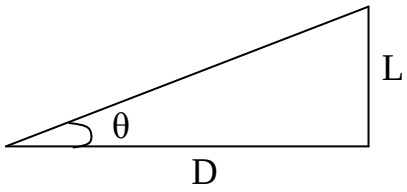
(với i là khoảng cách hai vân trên màn, D là khoảng cách từ mặt phẳng khe tới màn)

$$\Leftrightarrow i = \frac{\lambda D}{d} = \frac{480.10^{-9}.52.10^{-2}}{0{,}12.10^{-3}} = 2{,}08.10^{-3} \quad (m)$$

b) Khoảng cách từ cực đại chính giữa đến cực tiểu thứ nhất của bao hình nhiễu xạ:

Khoảng cách cần tìm bằng vị trí của cực tiểu thứ nhất so với điểm chính giữa của màn.

Vị trí cực tiểu thứ nhất là L ứng với:



$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a}$$

(với θ là góc nhiễu xạ của cực tiểu thứ nhất, a là độ rộng của một khe)

$$\Leftrightarrow \theta = \arcsin\left(\frac{\lambda}{a}\right) = \arcsin\left(\frac{480.10^{-9}}{0{,}025.10^{-3}}\right) = \arcsin(0{,}0192)$$

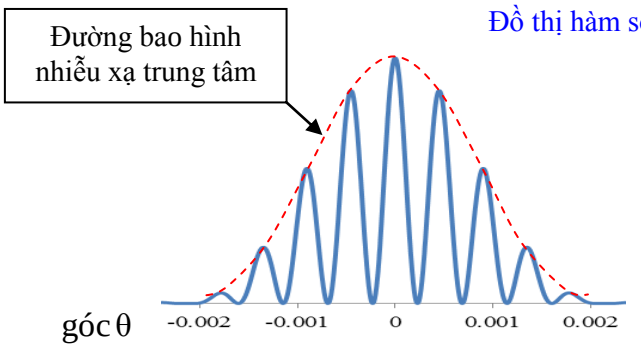
$$\Leftrightarrow \theta = 1{,}1^0$$

$\Rightarrow$ Khoảng cách là:

$$L = D.\tan\theta = 52.10^{-2}.\tan 1{,}1^0 = 9{,}98.10^{-3} \quad (m)$$

c) Số vân sáng nằm trong đỉnh trung tâm của bao hình nhiễu xạ:

Hình vẽ minh họa:



Đồ thị hàm số $I_\theta = I\frac{\sin^2 u}{u^2}.\frac{\sin^2 Nv}{\sin^2 v}$

$$\begin{cases} u = \frac{\pi}{\lambda}a\sin\theta \\ v = \frac{\pi}{\lambda}d\sin\theta \end{cases}$$

N = 2 là số khe

I là cường độ ánh sáng tới

Muốn tìm số vân sáng nằm trong bao hình nhiễu xạ trung tâm ta cần tìm số vân sáng nằm về một phía của bao hình nhiễu xạ là x vân. Do đó, tổng số vân sáng của bao hình là (2x + 1).

Ta đã biết vị trí của cực tiểu nhiễu xạ thứ nhất (L) và khoảng cách giữa các vân sáng (i) nên suy ra số vân sáng nằm về một phía của bao hình nhiễu xạ là:

$$x = \left[\frac{L}{i}\right] = \left[\frac{9,98}{2,08}\right] = [4,8] = 4 \quad \text{(lấy phần nguyên của tỷ số L/i)}$$

$\Rightarrow$ Tổng số vân quan sát được là:

$$2x + 1 = 2.4 + 1 = 9 \quad \text{(vân sáng)}$$

Đặc biệt lưu ý: Do cách tính toán L và i là xấp xỉ nên nếu xảy ra trường hợp cực đại giao thoa nào đó nằm trùng đúng vị trí của cực tiểu nhiễu xạ thì cực đại giao thoa đó bị triệt tiêu. Vì vậy, phép tính lấy phần nguyên [L/i] có thể sẽ cho kết quả không chính xác, số vân sáng quan sát được có thể không đúng. Để hạn chế điều này, ta xét tỷ số d/a:

+ Nếu d/a = k (k là số nguyên) thì cực đại giao thoa thứ k nằm trùng với cực tiểu nhiễu xạ thứ nhất. Do đó số vân sáng quan sát được ở một bên của bao hình nhiễu xạ chỉ là (k – 1).

+ Nếu d/a là số thập phân lớn hơn k, nhỏ hơn hoặc bằng (k + 1) thì số vân sáng quan sát được ở một bên của bao hình nhiễu xạ là k.

d) Tính cường độ của vân sáng thứ 5 theo cường độ của vân sáng trung tâm:

Cường độ sáng tại vị trí góc θ theo cường độ sáng trung tâm là:

$$I_\theta = I_0 \frac{\sin^2 u}{u^2}\cos^2 v \quad \text{(biểu thức này chỉ đúng trong trường hợp 2 khe)}$$

Với I_θ là cường độ sáng ứng với góc nhiễu xạ θ, I_0 là cường độ tại vân sáng trung tâm và:

$$u = \frac{\pi}{\lambda} a\sin\theta \text{ và } v = \frac{\pi}{\lambda} d\sin\theta$$

Vân sáng giao thoa thứ 5 ứng với: $\sin\theta = 5\frac{\lambda}{d}$

Do đó, biểu thức cần tìm là:

$$I_\theta = I_0 \frac{\sin^2 \frac{5\pi a}{d}}{\left(\frac{5\pi a}{d}\right)^2}\cos^2 5\pi$$

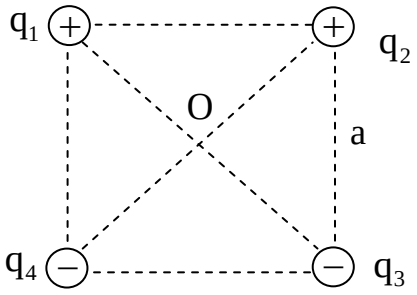
MỘT SỐ ĐỀ THI VÀ KIỂM TRA

1. Đề kiểm tra giữa kỳ

1.1 Đề kiểm tra giữa kỳ hè năm 2014, lớp cô Đặng Thị Thanh Thủy (ca 1)

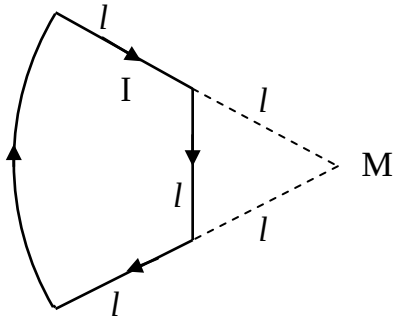
Câu 1: Tính điện trường và điện thế tại tâm O gây ra bởi các điện tích điểm q_1, q_2, q_3, q_4 đặt tại các đỉnh của hình vuông cạnh a.

Cho: $q_1 = q_2 = 2.10^{-9}$ C, $q_3 = q_4 = -3.10^{-9}$ C và a = 10cm



Câu 2: Xác định cảm ứng từ do dòng điện I gây ra tại M.

Cho I = 6A và l = 100mm.



Lời giải:

Câu 1:

* *Điện trường:*

Điện trường tại O là điện trường tổng cộng do các điện tích điểm q_1, q_2, q_3 và q_4 gây ra:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$$

Các $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3, \vec{E}_4$ có:

+ Điểm đặt tại O.

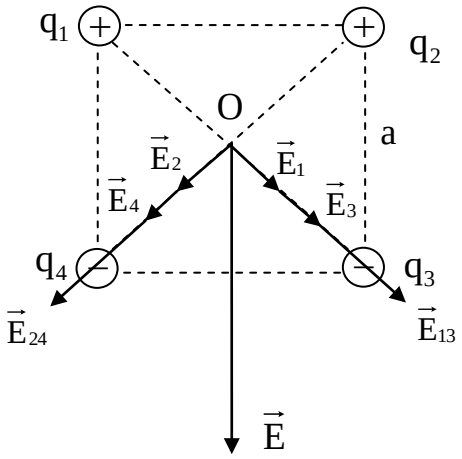
+ Phương nằm trên đường thẳng nối O với các điện tích tương ứng.

+ Chiều đi từ O ra xa điện tích (với $\vec{E}_1, \vec{E}_2$) và từ O lại gần điện tích (với $\vec{E}_3, \vec{E}_4$) như trên hình vẽ:

+ Độ lớn:

$$E_1 = E_2 = \frac{|q_1|}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$ (với r là khoảng cách từ O đến 1 đỉnh của hình vuông)

$$E_3 = E_4 = \frac{|q_3|}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$



Do $\vec{E}_1$ cùng phương cùng chiều với $\vec{E}_3$, $\vec{E}_2$ cùng phương cùng chiều với $\vec{E}_4$ nên ta có:

$\vec{E}_{13} = \vec{E}_1 + \vec{E}_3$ cùng phương cùng chiều với $\vec{E}_1$ và $\vec{E}_3$. Độ lớn:

$$E_{13} = E_1 + E_3 = \frac{|q_1| + |q_3|}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

$\vec{E}_{24} = \vec{E}_2 + \vec{E}_4$ cùng phương cùng chiều với $\vec{E}_2$ và $\vec{E}_4$. Độ lớn:

$$E_{24} = E_2 + E_4 = \frac{|q_1| + |q_3|}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = E_{13}$$

Do đó điện trường tổng cộng tại O là:

$$\vec{E} = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24}$$

+ Có điểm đặt tại O.

+ Có phương vuông góc với đường thẳng nối q_3 và q_4 (hình vẽ)

+ Có chiều hướng xuống dưới.

+ Độ lớn: $E^2 = E_{13}^2 + E_{24}^2$ (vì góc giữa $\vec{E}_{13}$ và $\vec{E}_{24}$ là góc vuông)

$$\Leftrightarrow E = \sqrt{2}E_{13} = \sqrt{2}\frac{|q_1| + |q_3|}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \sqrt{2}\frac{5.10^{-9}}{4\pi.8{,}85.10^{-12}.\left(\frac{0{,}1\sqrt{2}}{2}\right)^2}$$

$$\Leftrightarrow E = \sqrt{2}\frac{5.10^{-9}}{2\pi.8{,}85.10^{-12}.0{,}01} \approx 12\,716 \quad \left(\frac{N}{m}\right)$$

* *Điện thế:*

Điện thế tại một điểm được tính bằng công mà lực điện trường làm dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ điểm đó ra xa vô cùng. Nếu điện tích gây ra điện trường là điện tích dương thì công này dương (tức là điện thế dương), nếu điện tích gây ra điện trường là điện tích âm thì công này âm (điện thế âm). Như vậy, đối với bài này thì điện thế do q_1 và q_2 gây ra là điện thế dương, do q_3 và q_4 gây ra là điện thế âm.

Điện thế là một đại lượng vô hướng. Điện thế tại một điểm do hệ điện tích gây ra là tổng đại số các điện thế thành phần. Điện thế tại O là:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

Điện thế do q_1 và q_2 gây ra tại O:

$$V_1 = V_2 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r}$$ (với r là khoảng cách từ O đến đỉnh của hình vuông)

Điện thế do q_3 và q_4 gây ra tại O:

$$V_3 = V_4 = \frac{q_3}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

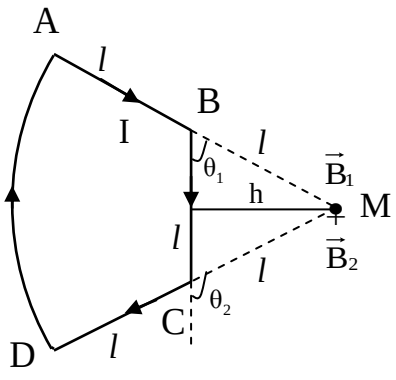
$\Rightarrow$ Điện thế tổng cộng tại O là:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 2V_1 + 2V_3 = 2(V_1 + V_3)$$

$$= 2\left(\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r} + \frac{q_3}{4\pi\varepsilon_0 r}\right) = 2\left(\frac{2.10^{-9}}{4\pi\varepsilon_0 r} - \frac{3.10^{-9}}{4\pi\varepsilon_0 r}\right) = -\frac{2.10^{-9}}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

$$= -\frac{2.10^{-9}}{4\pi.8{,}85.10^{-12}.0{,}1\frac{\sqrt{2}}{2}} = -\frac{10^{-9}}{\pi.8{,}85.10^{-12}.0{,}1\sqrt{2}} \approx -254 \quad (V)$$

Câu 2:



Cảm ứng từ do dòng I gây ra tại M là cảm ứng từ tổng hợp do dòng I trên các đoạn AB, BC, CD và cung DA gây ra tại M.

– Cảm ứng từ do đoạn AB và CD gây ra tại M bằng 0. Vì trên hai đoạn này các yếu tố dòng $\overrightarrow{Idl}$ luôn cùng phương với véctơ khoảng cách từ yếu tố dòng đến điểm M nên theo định luật Biot – Savart – Laplace thì tích có hướng $[\overrightarrow{Idl}, \vec{r}] = \vec{0}$.

– Cảm ứng từ do đoạn BC gây ra tại M là $\vec{B}_1$ có:

+ Điểm đặt tại M.

+ Phương vuông góc với mặt phẳng (BCM).

+ Chiều đi từ trong ra ngoài (hình vẽ dấu chấm tại M).

+ Độ lớn: $B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi h}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$ (*)

(với h là khoảng cách từ M đến đường thẳng BC)

Vì tam giác BCM đều cạnh *l* nên $\theta_1 = 60^0$, $\theta_2 = 120^0$ và $h = l\sqrt{3}/2$

Do đó: $B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi\frac{l\sqrt{3}}{2}}\left(\frac{1}{2} - \left(-\frac{1}{2}\right)\right) = \frac{\mu_0 I}{2\pi l\sqrt{3}}$ (1)

Lưu ý: Nếu đề bài yêu cầu tìm cảm ứng từ do hai hay nhiều đoạn dây có dòng điện gây ra thì có thể áp dụng luôn công thức (*) mà không cần chứng minh. Nếu đề bài chỉ yêu cầu tìm cảm ứng từ do một đoạn dây thẳng có dòng điện gây ra thì phải thiết lập để có được công thức (*).

– Cảm ứng từ do cung DA gây ra tại M là $\vec{B}_2$ có:

+ Điểm đặt tại M.

+ Phương vuông góc với mặt phẳng (ADM). (cũng chính là mp (BCM))

+ Chiều đi từ ngoài vào trong (hình vẽ dấu cộng tại M).

+ Độ lớn: $B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}\overline{DA}$

(với R là bán kính cung tròn, R = 2*l*; $\overline{DA}$ là độ dài cung DA)

Do đó: $B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} R\frac{\pi}{3} = \frac{\mu_0 I}{12R} = \frac{\mu_0 I}{24l}$ (2)

$\Rightarrow$ Cảm ứng từ tổng hợp tại M là:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

+ $\vec{B}$ có điểm đặt tại M.

+ $\vec{B}$ cùng phương với $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$

+ Từ (1) và (2) ta thấy $B_1 > B_2$. Do đó, $\vec{B}$ cùng chiều với $\vec{B}_1$ (chiều từ trong ra ngoài)

+ Độ lớn: $B = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi l\sqrt{3}} - \frac{\mu_0 I}{24l} = \frac{\mu_0 I}{2l}\left(\frac{1}{\pi\sqrt{3}} - \frac{1}{12}\right)$

$$B = \frac{4\pi.10^{-7}.6}{2.0,1}\left(\frac{1}{\pi\sqrt{3}} - \frac{1}{12}\right) = 3,79.10^{-6} \text{ (Tesla)}$$

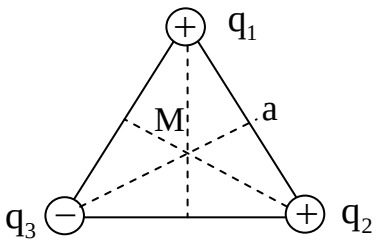
1.2 Đề kiểm tra giữa kỳ hè năm 2014, lớp cô Đặng Thị Thanh Thủy (ca 2)

Câu 1: Tính điện trường và điện thế tại trọng tâm M gây ra bởi các điện tích điểm q_1, q_2, q_3 đặt tại các đỉnh của tam giác đều cạnh a.

Cho: $q_1 = q_2 = 2.10^{-9}$ C

$q_3 = -3.10^{-9}$ C

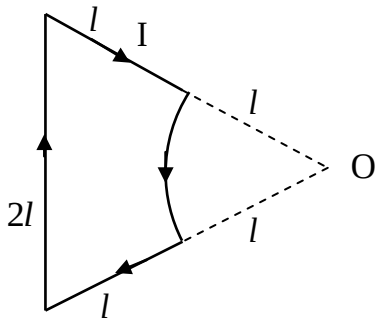
a = 10cm



Câu 2: Xác định cảm ứng từ do dòng điện I gây ra tại O.

Cho: I = 6A

l = 100mm



Lời giải:

Câu 1:

Tương tự đề ca 1

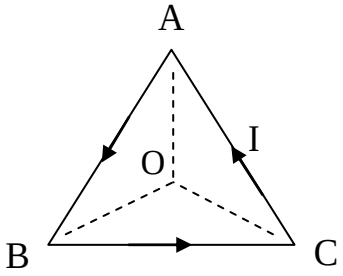
1.3 Đề kiểm tra giữa kỳ hè năm 2014, lớp cô Tạ Quỳnh Hoa

Câu 1: Cho một thanh kim loại 1 đầu tại gốc tọa độ O, đầu kia dài vô hạn. Đặt thanh kim loại dài vô hạn dọc theo trục Ox. Thanh tích điện đều, mật độ điện dài không đổi λ. Tính điện trường tại:

a) Điểm A có tọa độ (–a, 0)

b) Điểm B có tọa độ (0, b)

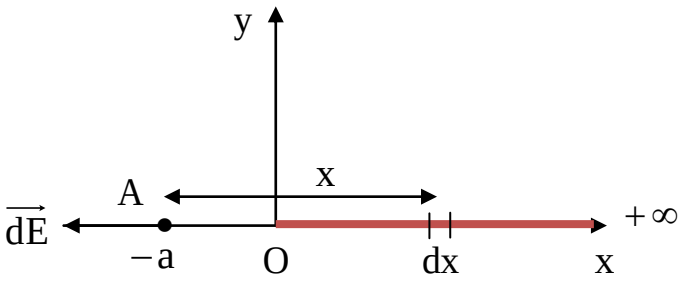
Câu 2: Tính cảm ứng từ do khung dây ABC gây ra tại O là trọng tâm của tam giác ABC đều cạnh a = 30cm. Dòng điện I = 10A chạy qua khung dây và có chiều như hình vẽ.



Lời giải:

Câu 1:

Giả sử thanh tích điện dương với mật độ điện tích dài λ và đặt như hình vẽ.



** Điện trường tại A (–a, 0):*

Điện trường tại A là điện trường tổng cộng do các điện tích điểm trên thanh kim loại gây ra. Chọn yếu tố vi phân độ dài dx nằm trên thanh, cách A một khảng là x, điện trường do yếu tố dx gây ra tại A là $\overrightarrow{dE}$ có:

+ Điểm đặt tại A.

+ Có phương trùng với trục Ox.

+ Ngược chiều với tia Ox (hình vẽ)

+ Độ lớn:

$$dE = \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 x^2} = \frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$$

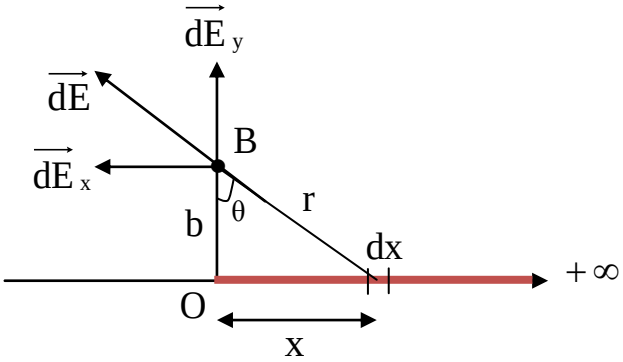
$\Rightarrow$ Điện trường tổng cộng tại A là $\vec{E}$ cùng điểm đặt và phương, chiều với $\overrightarrow{dE}$

Độ lớn:

$$E = \int dE = \int_a^{\infty} \frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0 x^2} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\int_a^{\infty}\frac{dx}{x^2} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{x}\right)\Bigg|_a^{\infty}$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{\infty}\right) = \frac{\lambda}{4\pi a\varepsilon_0}$$

** Điện trường tại B (0, b):*



Tương tự ý trên, chọn yếu tố vi phân độ dài dx nằm trên thanh và cách gốc O một khoảng bằng x, cách B một khoảng bằng r. Điện trường do yếu tố vi phân dx gây ra là:

+ Điểm đặt tại B.

+ Phương, chiều như hình vẽ.

+ Độ lớn:

$$dE = \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

Chú ý: Không được cho yếu tố vi phân dx cách B một khoảng là x để lấy tích phân cho dễ. Làm như thế là hoàn toàn sai về bản chất của tích phân. Nếu đường thẳng nối dx với điểm cần tính điện trường mà trùng với đường thẳng chứa dx thì sẽ chọn khoảng cách đó là x được (ví dụ như tính điện trường tại A). Trong trường hợp đường thẳng đó khác phương với đường thẳng chứa dx thì phải chọn khác biến.

Để tính được tích phân của hàm hai biến trên thì phải biểu diễn biến này qua biến khác hoặc biểu diễn cả hai biến qua một biến thứ 3. Ở đây, nên biểu diễn r và x qua góc θ.

Ta có: $r = \frac{b}{\cos\theta}$

$$x = b\tan\theta \Rightarrow dx = \frac{b}{\cos^2\theta}d\theta$$

Do đó: $dE = \frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\frac{b}{\cos^2\theta}d\theta\frac{\cos^2\theta}{b^2} = \frac{\lambda}{4\pi b\varepsilon_0}d\theta$

Tách $\overrightarrow{dE}$ thành $\overrightarrow{dE}_x$ và $\overrightarrow{dE}_y$ như hình vẽ:

$\Rightarrow$ Điện trường tổng cộng tại B là $\vec{E}$ có:

+ Điểm đặt tại B.

+ Độ lớn: $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$

$$E_x = \int dE_x = \int_0^{\frac{\pi}{2}} dE\sin\theta = \frac{\lambda}{4\pi b\varepsilon_0}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\theta\, d\theta = \frac{\lambda}{4\pi b\varepsilon_0}\left(-\cos\theta\right)\Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\lambda}{4\pi b\varepsilon_0}$$

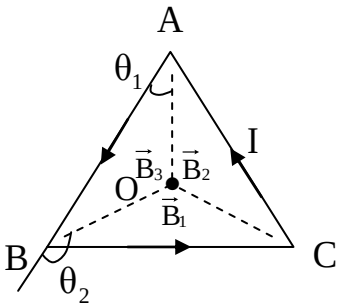
$$E_y = \int dE_y = \int_0^{\frac{\pi}{2}} dE\cos\theta = \frac{\lambda}{4\pi b\varepsilon_0}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos\theta\, d\theta = \frac{\lambda}{4\pi b\varepsilon_0}\left(\sin\theta\right)\Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\lambda}{4\pi b\varepsilon_0}$$

Ta thấy $E_x = E_y$ nên:

$$E = E_x\sqrt{2} = \frac{\lambda\sqrt{2}}{4\pi b\varepsilon_0}$$

+ E có phương hợp với trục hoành với góc 45^0 và có chiều hướng ra xa thanh kim loại.

Câu 2: Tìm cảm ứng từ tại trọng tâm O của tam giác:



Cảm ứng từ tại O là cảm ứng từ tổng hợp do dòng điện chạy trong các đoạn dây AB, BC và CA gây ra. Các cảm ứng từ này lần lượt là $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ và $\vec{B}_3$ có:

+ Cùng điểm đặt tại O.

+ Phương vuông góc với mặt phẳng (ABC)

+ Chiều đi từ trong ra ngoài như hình vẽ (xác định theo *quy tắc tam diện thuận* hay *quy tắc bàn tay phải* hay *quy tắc vặn đinh ốc*)

+ Độ lớn:

$$B_1 = B_2 = B_3 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$ (r là bán kính đường tròn nội tiếp Δ)

$$\Leftrightarrow B_1 = B_2 = B_3 = \frac{\mu_0 I}{4\pi \frac{1}{3}\frac{a\sqrt{3}}{2}} 2\cos\theta_1 = \frac{3\mu_0 I}{\pi a\sqrt{3}}\cos\theta_1$$

$\Rightarrow$ Cảm ứng từ tổng hợp tại O là $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$ có:

+ Cùng điểm đặt, cùng phương chiều với $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3$.

+ Độ lớn:

$$B = 3B_1 = \frac{9.4\pi.10^{-7}.10}{\pi 0{,}3\sqrt{3}}\cos 30^0 = \frac{9.4.10^{-6}}{0{,}3\sqrt{3}}\frac{\sqrt{3}}{2} = 6.10^{-5} \quad \text{(Tesla)}$$

2. Đề thi cuối kỳ

2.1 Đề thi cuối kỳ phụ - hè năm 2012

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

ĐỀ THI KẾT THÚC HỌC KỲ PHỤ
HÈ NĂM 2012

Môn thi: Điện – Quang

Mã môn học: PHY 1103 Số tín chỉ: 03 Đề số 1

Dành cho sinh viên: Khoa Sinh học, Khoa Hóa học, Khoa Toán – Cơ – Tin học, Khoa Địa lý, Khoa Địa chất, Khoa môi trường, Khoa Y – Dược,…

Thời gian làm bài: 90 phút (không kể thời gian phát đề)

Câu I.

Một proton chuyển động theo phương ngang sang phía bên phải với vận tốc $4{,}5.10^6$ m/s.

a. Hỏi độ lớn và hướng của điện trường tối thiểu để có thể làm cho proton giảm đều tốc độ cho đến khi dừng lại ở khoảng cách 3,2 cm sẽ là bao nhiêu và như thế nào?

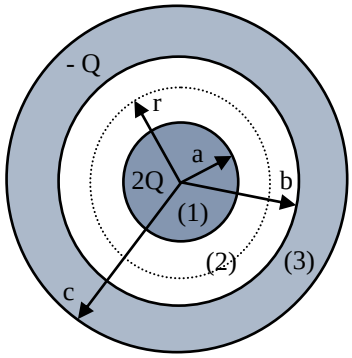
b. Thời gian proton chuyển động từ khi đi vào điện trường đến khi dừng lại là bao nhiêu?

c. Hỏi độ lớn và hướng của điện trường tối thiểu để dừng chuyển động của một electron trong các điều kiện tương tự như trên.

Câu II.

Một quả cầu đặc dẫn điện bán kính a, mang một lượng điện tích dương 2Q. Một quả cầu rỗng dẫn điện khác có bán kính trong b, bán kính ngoài c được đặt đồng tâm với quả cầu trên. Quả cầu rỗng chứa một lượng điện tích – Q. Tìm cường độ điện trường tại các miền kí hiệu là (1), (2), (3) và (4) (hình 1). Vẽ đồ thị ngay dưới hệ hai quả cầu này để thấy rõ sự biến thiên cường độ điện trường theo khoảng cách tính từ tâm hai quả cầu.

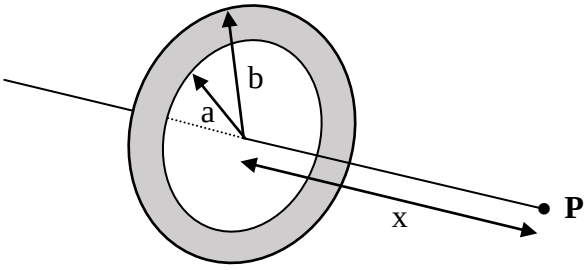
Hình 1:



Câu III.

Tính điện thế tại điểm P nằm trên trục của một vật dẫn hình khuyên (hình 2), với mật độ điện tích mặt đồng đều bằng σ.

Hình 2:



Câu IV.

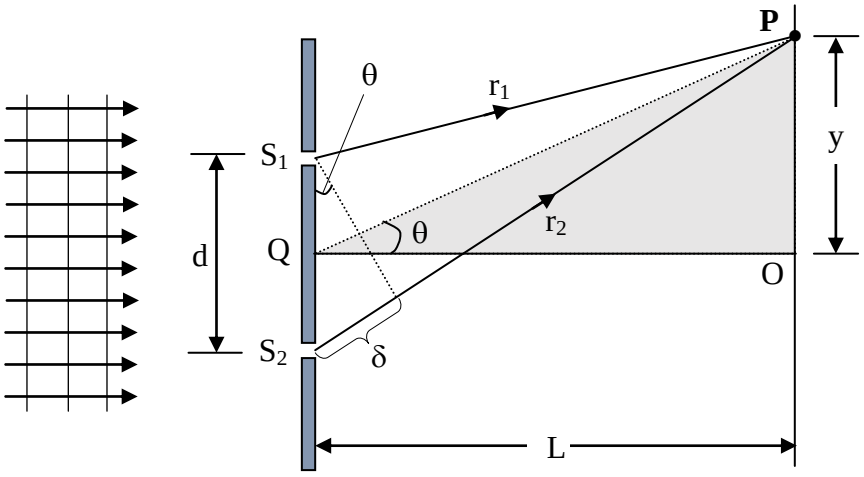
Trong một thí nghiệm giao thoa khe đôi (hình 3), d = 0,15mm, L = 140 cm, λ = 643nm và y = 1,8cm.

a) Tính hiệu quang trình của hai tia tử S_1 và S_2 khi đến điểm P?

b) Biểu diễn hiệu quang trình này theo bước sóng λ.

c) Tại P quan sát thấy vân sáng, vân tối hay giao thoa một phần? Giải thích?

Hình 3:



<u>Ghi chú:</u> Sinh viên không được dùng bất cứ tài liệu nào. Giám thị không giải thích gì thêm.

<u>Lời giải:</u>

<u>Câu I:</u>

2.2 Đề thi cuối kỳ II năm học 2012 – 2013

Mã môn học: PHY 1103 Số tín chỉ: 03

Dành cho sinh viên: Khoa Sinh học, khoa Hóa học, khoa Toán – Cơ – Tin, khoa Địa lý, khoa Địa chất, khoa Môi trường, khoa Y – Dược.

Thời gian làm bài: 90 phút (không kể thời gian phát đề)

Phần bắt buộc (7,5 điểm – gồm 3 câu)

Câu I (2,5 điểm)

1. Mô tả thí nghiệm và hiện tượng nhiễu xạ của sóng phẳng, đơn sắc qua 2 khe hẹp song song dài vô hạn.

2. Chiếu chùm ánh sáng đơn sắc, song song có bước sóng 600 nm, tới vuông góc với cách tử có hằng số (chu kỳ) d = 2000 nm và số khe là N = 10^3. Sau cách tử đặt thấu kính hội tụ, màn quan sát đặt tại mặt phẳng tiêu diện của thấu kính.

a. Xác định vị trí và bề rộng góc của vạch quang phổ bậc 1.

b. Tính số vạch quang phổ quan sát được trên màn.

3. Trên bề mặt của một quang cụ làm bằng thủy tinh có chiết suất n = 1,69 người ta phủ một lớp trong suốt có chiết suốt $n_1 = \sqrt{n}$. Hãy xác định bề dày tối thiểu của lớp trong suốt để ánh sáng có bước sóng 555 nm không bị phản xạ. Coi ánh sáng chiếu vuông góc.

Câu II (2,5 điểm)

1. Nêu tóm tắt thí nghiệm và kết quả của tán xạ Compton.

2. Trình bày thí nghiệm phân cực ánh sáng do bản Tua-ma-lin (Tourmaline)

3. Chiếu chùm sáng tự nhiên có cường độ I_o tới hệ gồm kính phân cực P và kính phân tích A. Hãy xác định góc giữa hai quang trục của chúng để ánh sáng đi qua hệ bằng $I_o/4$. Bỏ qua hiện tượng tự hấp thụ ánh sáng khi đi qua 2 kính.

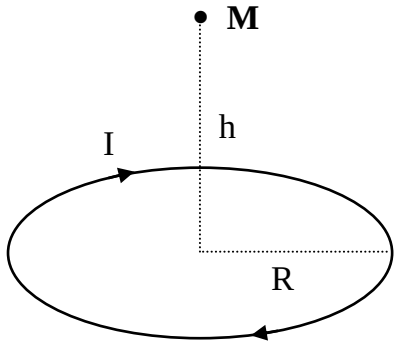
Câu III (2,5 điểm)

1. Phát biểu, viết biểu thức của định luật Ampere (định luật dòng toàn phần).

2. Cho dòng điện tròn không đổi cường độ I, bán kính R đặt trong chân không. Ứng dụng định luật Biot – Savart – Laplace tính cảm ứng từ do dòng điện gây ra tại điểm M nằm trên trục cách tâm một đoạn h (hình bên).

Áp dụng: R = 40cm, I = 2A, h = 30cm.

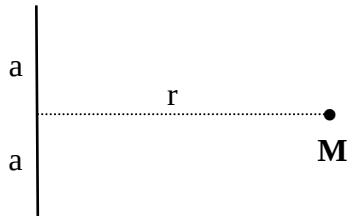
Cho $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ T.m/A



Phần tự chọn (2,5 điểm)

Câu IVa

Cho thanh hình trụ đồng chất có chiều dài 2a, được tích điện dương, đều với mật độ điện tích dài λ, đặt trong chân không. Hãy xác định cường độ điện trường tại điểm M cách trục của thanh đoạn r. Xét trường hợp a tiến tới ∞, từ đó suy ra điện trường do thanh tích điện đều, dài vô hạn gây ra tại điểm M (hình dưới).



Câu IVb

1. Phát biểu, viết biểu thức định luật Ostrogradsky - Gauss

2. Cho một thanh hình trụ dài vô hạn, tích điện đều với mật độ điện tích dài λ, áp dụng định luật Ostrogradsky – Gauss tính điện trường tại điểm M cách trục của thanh đoạn r (nằm ngoài thanh).

Lời giải:

Câu I:

2.3 Đề thi cuối kỳ phụ - hè năm 2013

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

ĐỀ THI KẾT THÚC HỌC KỲ PHỤ
HÈ NĂM 2013

Môn thi: Điện – Quang

Mã môn học: PHY 1103 Số tín chỉ: 03 Đề số 1

Dành cho sinh viên: Khoa Sinh học, Khoa Hóa học, Khoa Toán – Cơ – Tin học, Khoa Địa lý, Khoa Địa chất, Khoa môi trường, Khoa Y – Dược,…

Thời gian làm bài: 90 phút (không kể thời gian phát đề)

Câu I: (3 điểm)

1. Năng lượng tĩnh điện của vật dẫn: Xây dựng công thức, định nghĩa.

2. Năng lượng dòng điện tồn tại dưới dạng từ trường trong cuộn dây: Xây dựng công thức, định nghĩa.

3. Viết biểu thức và phát biểu hai luận điểm của Maxwell về truyền sóng điện từ.

Câu II (2 điểm)

1. Cho một quả cầu kim loại tâm O bán kính 15 cm, được tích điện đến điện tích Q sao cho tại điểm M cách tâm 30 cm có điện thế 1500 V. Hãy xác định mật độ năng lượng điện trường tại điểm M, cho hằng số điện $\varepsilon_0 = 8{,}86.10^{-12}\ C^2/Nm^2$.

2. Cho mạch điện hình tam giác vuông cân ABC, cạnh huyền BC dài 50 cm, cường độ I = 1,5A (dòng điện chạy cùng chiều kim đồng hồ). Hãy xác định véctơ cảm ứng từ tại điểm M nằm chính giữa cạnh BC. Cho hằng số từ $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ T.m/A

Câu III (3 điểm)

1. Định nghĩa ánh sáng phân cực một phần, so sánh sự giống nhau và khác nhau với ánh sáng tự nhiên.

2. Trình bày độ tán sắc của cách tử.

3. Một nguồn sáng điểm phát ánh sáng đơn sắc bước sóng $\lambda = 0{,}55\ \mu m$ được đặt trên trục vuông góc và đi qua tâm của lỗ truyền sáng, bán kính r = 1mm. Khoảng cách từ nguồn đến tâm lỗ tròn a = 1m. Hãy xác định khoảng cách b từ màn đến điểm quan sát C để đối với điểm C, lỗ tròn chứa đúng 3 đới Fresnel.

Câu IV (2 điểm)

1. Trình bày và nêu các kết quả thí nghiệm tán xạ Comptom.

2. Một nguồn sáng điểm công suất 3W phát ánh sáng đơn sắc bước sóng 589 nm. Hãy xác định số photon đi qua diện tích 1 cm^2 theo phương vuông góc với phương truyền, cách nguồn 1m.

Cho $h = 6{,}625.10^{-34}$ J.s, $c = 3.10^8$ m/s, coi nguồn đẳng hướng.

Lời giải:

Câu I:

HVT

2.4 Đề thi cuối kỳ I năm học 2013 – 2014

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

ĐỀ THI KẾT THÚC HỌC KỲ I
NĂM HỌC 2013 – 2014

Môn thi: Điện – Quang

Mã môn học: PHY 1103 Số tín chỉ: 03

Dành cho sinh viên: Khoa Sinh học, Khoa Hóa học, Khoa Toán – Cơ – Tin học, Khoa Địa lý, Khoa Địa chất, Khoa môi trường, Khoa Y – Dược,…

Thời gian làm bài: 90 phút (không kể thời gian phát đề)

Câu I: (2,5 điểm)

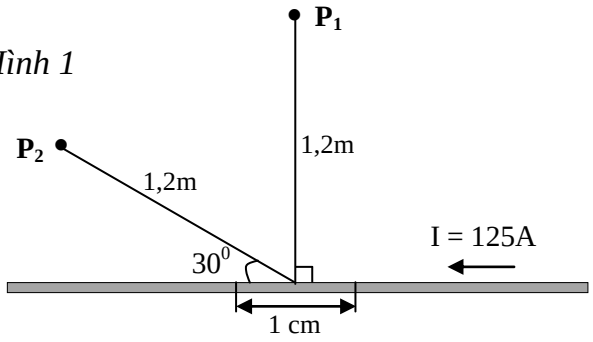
Định luật Biot – Savart: Phát biểu định luật, viết biểu thức, minh họa bằng hình vẽ.

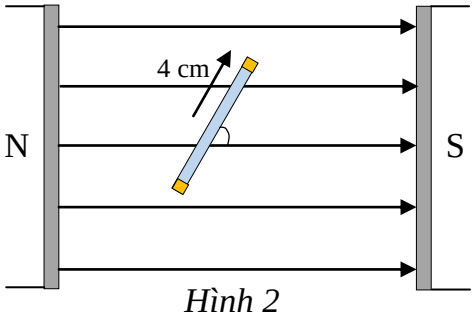
Áp dụng: Xét một yếu tố dòng có độ dài 1,0 cm trên một dây dẫn thẳng có dòng điện không đổi 125 A chạy qua. Tìm độ lớn và chiều của véctơ cảm ứng điện từ gây ra bởi yếu tố dòng này tại một điểm nằm cách nó một khoảng là 1,2m trong hai trường hợp:

a) Điểm P_1 nằm trên đường vuông góc với dây.

b) Điểm P_2 nằm trên đường thẳng hợp một góc 30^0 với dây dẫn (hình 1).

Hình 1





Hình 2

Câu II: (2,5 điểm)

Phát biểu định luật Faraday về cảm ứng điện từ.

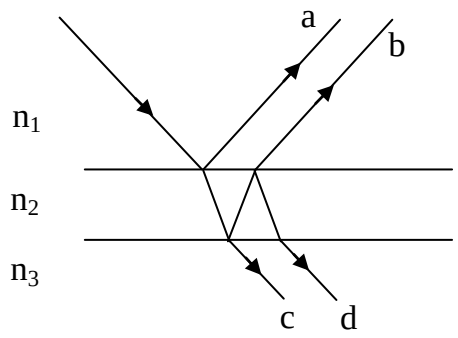
Phát biểu định luật Lenz về chiều của dòng điện cảm ứng.

Áp dụng: Một khung dây tròn có 500 vòng dây, bán kính 4 cm, được đặt vào trong từ trường đều giữa hai cực của một nam châm điện (hình 2). Véctơ cảm ứng từ hợp một góc 60^0 với mặt phẳng của khung dây và có độ lớn giảm đều theo thời gian với tốc độ 0,2 T/s trong khi hướng của nó không thay đổi. Tìm độ lớn của suất điện động cảm ứng và chiều của dòng điện cảm ứng xuất hiện trong khung dây.

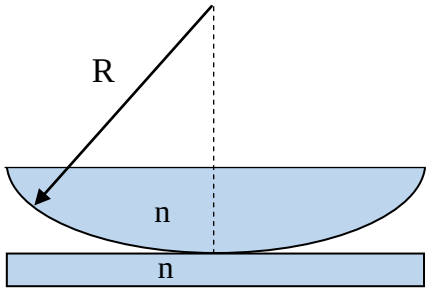
Câu III: (3 điểm)

1. Tia sáng đơn sắc bước sóng λ có góc tới i và góc khúc xạ tương ứng r khi đi qua mặt phân cách giữa môi trường chiết suất n_1 và môi trường chiết suất n_2 (Hình 3).

Lớp môi trường song phẳng chiết suất n_2 có độ dày là e. Suy ra biểu thức hiệu quang lộ giữa hai tia a và b trong trường hợp $n_1 = n_3 = 1$ và $n_2 = n > 1$.



Hình 3



Hình 4

2. Trong thí nghiệm giao thoa vân Newton, một thấu kính phẳng – lồi có bán kính cong của mặt lồi là R = 95,2 cm được đặt lên trên một bản thủy tinh phẳng. Chiết suất của thấu kính và bản thủy tinh là n = 1,5. Hệ thấu kính và bản thủy tinh phẳng được chiếu ánh sáng đơn sắc có bước sóng trong không khí là 580 nm từ phía trên sao cho ánh sáng tới vuông góc với mặt bản (Hình 4).

a) Tính bán kính của vân sáng thứ 2 tính từ tâm hệ vân quan sát được trong ánh sáng phản xạ.

b) Bán kính của vân sáng này sẽ thay đổi như thế nào nếu đổ đầy nước (n'= 1,33) vào không gian giữa thấu kính và bản thủy tinh.

<u>Câu IV:</u> (2 điểm)

Một chùm sáng song song phát ra từ đèn thủy ngân được chiếu vuông góc với mặt một cách tử phẳng có 2000 vạch/cm. Người ta quan sát quang phổ thu được trên mặt phẳng tiêu của một thấu kính hội tụ đặt song song với cách tử.

a) Tính khoảng cách góc của hai vạch tương ứng với các bước sóng 579 nm và 577 nm trong phổ bậc nhất.

b) Độ rộng của chùm tia tới phủ dọc theo cách tử phải là bao nhiêu để vừa đủ phân giải hai vạch nói trên theo tiêu chuẩn Rayleigh trong phổ bậc nhất.

<u>Lời giải:</u>

<u>Câu I:</u>

** Định luật Biot – Savart – Laplace:*

<u>Nội dung:</u>

Véctơ cảm ứng từ $\overrightarrow{dB}$ do yếu tố dòng $Id\vec{l}$ gây ra tại điểm P, cách yếu tố dòng một khoảng r là một đại lượng véctơ có:

+ Gốc tại P.

+ Phương vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử dòng điện $Id\vec{l}$ và P.

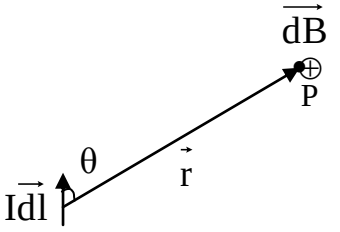
+ Chiều sao cho $\vec{dl}, \vec{r}, \overrightarrow{dB}$ tạo thành một tam diện thuận.

+ Độ lớn: $dB = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Idl\sin\theta}{r^2}$ với $\theta = \left(\vec{Idl}, \vec{r}\right)$

Biểu thức tổng quát:

$$\overrightarrow{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{[\vec{Idl} \wedge \vec{r}]}{r^3}$$

Hình vẽ:



** Áp dụng:*

Sử dụng hình 1:

a) Điểm P_1 nằm trên đường vuông góc với dây và cách yếu tố dòng 1,2m:

Yếu tố dòng $\vec{Idl}$ gây ra cảm ứng từ $\overrightarrow{dB_1}$ có:

+ Gốc đặt tại điểm P_1

+ Phương vuông góc với mặt phẳng chứa $\vec{Idl}$ và $\vec{r_1}$

+ Có chiều sao cho $\vec{Idl}$, $\vec{r_1}$ và $\overrightarrow{dB_1}$ tạo thành tam diện thuận ($\overrightarrow{dB_1}$ đi xuyên từ ngoài vào trong trang giấy)

+ Độ lớn: $dB_1 = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Idl\sin\theta}{r^2} = \frac{4\pi.10^{-7}}{4\pi}.\frac{10^{-2}.\sin 90^0}{1,2^2} = 6,94.10^{-10}(\text{Tesla})$

b) Điểm P_2 nằm trên đường thẳng tạo với dây góc 30^0 và cách yếu tố dòng 1,2m:

Yếu tố dòng $\vec{Idl}$ gây ra cảm ứng từ $\overrightarrow{dB_2}$ có:

+ Gốc đặt tại điểm P_2

+ Phương vuông góc với mặt phẳng chứa $\vec{Idl}$ và $\vec{r_2}$

+ Có chiều sao cho $\vec{Idl}$, $\vec{r_2}$ và $\overrightarrow{dB_2}$ tạo thành tam diện thuận ($\overrightarrow{dB_2}$ đi xuyên từ ngoài vào trong trang giấy)

+ Độ lớn: $dB_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Idl\sin\theta}{r^2} = \frac{4\pi.10^{-7}}{4\pi}.\frac{10^{-2}.\sin 30^0}{1,2^2} = 3,47.10^{-10}(\text{T})$

Câu II:

** Định luật Faraday:*

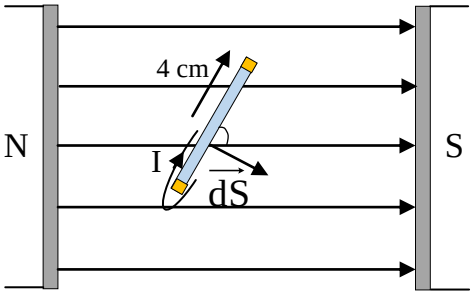
Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong một vòng dây dẫn kín bằng và trái dấu với tốc độ biến thiên theo thời gian của từ thông gửi qua vòng dây đó.

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (V)$$

** Định luật Lenz:*

Suất điện động cảm ứng luôn tạo ra dòng cảm ứng có chiều sao cho từ trường mà nó sinh ra chống lại sự biến thiên của từ thông sinh ra nó.

** Áp dụng:*



Theo định luật Faraday, suất điện động cảm ứng gửi qua một vòng dây dẫn là:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

Mà từ thông gửi qua vòng dây là:

$$\phi_B = \int_S \vec{B}\vec{dS} = \int_S B.dS.\cos 30^0 = \pi R^2.B.\cos 30^0$$

Do đó, suất điện động cảm ứng gửi qua một vòng dây dẫn kín là:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{d\left(\pi R^2.B.\cos 30^0\right)}{dt} = \frac{\pi R^2}{2}.\left(-\frac{dB}{dt}\right) = \frac{\pi R^2}{2}.0,2$$

(vì đạo hàm của cảm ứng từ theo thời gian bằng tốc độ giảm cảm ứng từ)

Vậy, độ lớn của suất điện động cảm ứng gửi qua 500 vòng dây là:

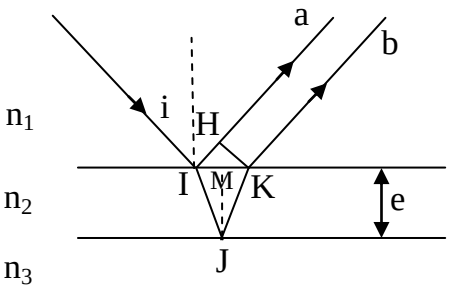
$$500.\frac{\pi R^2}{2}.0,2 = 500.\frac{\pi.4^2.10^{-4}}{2}.0,2 = 0,25 \quad (V)$$

Xác định chiều của dòng cảm ứng: Vì cảm ứng từ qua vòng dây giảm dần theo thời gian nên từ thông đi qua nó cũng giảm theo thời gian. Dòng cảm ứng phải có chiều sao cho từ trường mà nó sinh ra chống lại sự giảm từ thông sinh ra nó (hay làm tăng từ thông sinh ra nó). Nói cách khác, từ trường do dòng cảm ứng sinh ra phải cùng phương và cùng chiều với $\vec{dS}$. Dòng điện cảm ứng có chiều như hình vẽ.

Nếu nhìn từ góc trên bên trái xuống góc dưới bên phải thì dòng điện cùng chiều kim đồng hồ.

Câu III:

1) Tìm biểu thức hiệu quang lộ giữa hai tia a và b:



Hiệu quang lộ giữa hai tia a và b là:

(IJK) – (IH)

Trong đó: (IJK) là quang lộ trên quãng đường IJK

(IH) là quang lộ trên quãng đường IH

Ta có: (IJK) = n_2(IJ+JK) = $2n_2$IJ

(IH) = IH + λ/2 (vì phản xạ trên bề mặt môi trường chiết quang hơn)

Suy ra hiệu quang lộ giữa hai tia a và b:

$$\delta = 2n_2IJ - IH - \frac{\lambda}{2} = 2n_2\frac{e}{\cos r} - IK.\sin i - \frac{\lambda}{2}$$

$$\delta = 2n_2\frac{e}{\cos r} - 2e.\tan r.\sin i - \frac{\lambda}{2} = 2n_2\frac{e}{\cos r} - 2e.\sin i.\frac{\sin r}{\cos r} - \frac{\lambda}{2}$$

Mà: sini = n_2.sinr (theo định luật khúc xạ ánh sáng). Vậy:

$$\delta = 2n_2\frac{e}{\cos r} - 2n_2e.\frac{\sin^2 r}{\cos r} - \frac{\lambda}{2}$$

$$\delta = 2n_2e.\cos r - \frac{\lambda}{2}$$

2) Tính bán kính của vân giao thoa Newton:

a) Bán kính của vân sáng thứ 2 nếu khoảng không gian giữa thấu kính và bản thủy tinh là không khí:

Hiệu quang lộ của hai tia phản xạ là:

$$\delta = 2n_2e + \frac{\lambda}{2}$$ (với n_2 là chiết suất của khoảng không gian giữa)

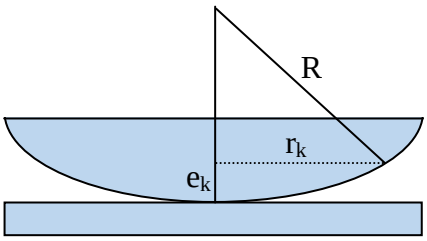
Vân giao thoa cực đại khi: $\delta = k\lambda \Leftrightarrow 2n_2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$

$$e = \frac{k - \frac{1}{2}}{2n_2}\lambda$$

Vân sáng bậc 2 ứng với k = 2. Suy ra:

$$e_2 = \frac{2 - \frac{1}{2}}{2.1}.580 = 435 \quad (nm)$$

Bán kính của vân sáng thứ hai là:



$$r_2^2 = R^2 - (R - e_2)^2$$

$$r_2^2 = 95,2^2.10^{-4} - \left(95,2.10^{-2} - 435.10^{-9}\right)^2$$

$$r_2^2 = 8,2824.10^{-7}$$

$$r_2 = 9,1.10^{-4} \quad (m) \quad = 910 \quad (\mu m)$$

b) Bán kính của vân sáng thứ 2 nếu khoảng không gian giữa thấu kính và bản thủy tinh là nước (n = 1,33):

Công thức tính hiệu quang lộ không thay đổi. Do đó:

$$e_2 = \frac{k - \frac{1}{2}}{2n_2}\lambda = \frac{2 - \frac{1}{2}}{2.1,33}.580 = 327,07 \quad (nm)$$

Bán kính của vân sáng thứ hai là:

$$r_2^2 = R^2 - (R - e_2)^2$$

$$r_2^2 = 95,2^2.10^{-4} - \left(95,2.10^{-2} - 327,07.10^{-9}\right)^2$$

$$r_2^2 = 6,22739.10^{-7}$$

$$r_2 = 7,89.10^{-4} \quad (m) \quad = 789 \quad (\mu m)$$

Câu IV:

a) Khoảng cách góc của hai vạch trong phổ bậc nhất chính là hiệu số góc ứng với hai vạch đó:

+ Góc ứng với cực đại bậc 1 của ánh sáng có bước sóng 579 nm là:

$\sin\theta_1 = \frac{\lambda_1}{d}$ (với λ_1 = 579 nm và d là khoảng cách giữa hai khe của cách tử)

+ Góc ứng với cực đại bậc 1 của ánh sáng có bước sóng 577 nm là:

$\sin\theta_2 = \frac{\lambda_2}{d}$ (với λ_2 = 577 nm)

$\Rightarrow$ Khoảng cách góc giữa hai vạch quang phổ trên là:

$$\Delta\theta = \arcsin\left(\frac{\lambda_1}{d}\right) - \arcsin\left(\frac{\lambda_2}{d}\right) = \arcsin\left(\frac{579.10^{-9}}{\frac{10^{-2}}{2000}}\right) - \arcsin\left(\frac{577.10^{-9}}{\frac{10^{-2}}{2000}}\right)$$

$$\Delta\theta = \arcsin(0{,}1158) - \arcsin(0{,}1154) = 0{,}023^0$$

b) Độ rộng của chùm tia tới để vừa đủ phân giải hai vạch nói trên theo tiêu chuẩn Rayleigh trong phổ bậc nhất:

Hai vạch phân biệt nhau theo tiêu chuẩn Rayleigh: cực đại giao thoa bậc m của ánh sáng bước sóng ($\lambda + d\lambda$) nằm trùng với cực tiểu giao thoa bậc (m + 1) của ánh sáng bước sóng λ. Ta có:

$$kN = \frac{\lambda}{d\lambda}$$

Trong đó: k là bậc phổ (trong trường hợp này k = 1)

N là tổng số vạch mà chùm tia tới chắn cách tử

Do đó: $N = \frac{578}{2} = 289$ vạch . Độ rộng là: 289/2000 = 0,1445 (cm)

Vậy, chùm tia tới chỉ cần phủ được 289 vạch (0,1445 cm) của cách tử là có thể vừa đủ phân biệt hai vạch theo tiêu chuẩn Rayleigh trong phổ bậc nhất.

2.5 Đề thi cuối kỳ II năm học 2013 – 2014

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

ĐỀ THI KẾT THÚC HỌC KỲ II
NĂM HỌC 2013 – 2014

Môn thi: Điện – Quang

Dạng đề thi: Không được sử dụng tài liệu

Thời gian làm bài: 90 phút (không kể thời gian phát đề)

Câu I: (2 điểm)

Định luật Gauss về trường tĩnh điện: Phát biểu định luật, viết biểu thức.

Áp dụng: Một lớp vỏ cầu không dẫn điện có bán kính trong r_1 và bán kính ngoài r_2, được tích điện đều trong toàn thể tích với mật độ điện tích khối $+\rho_0$. Tìm biểu thức cường độ điện trường theo khoảng cách r tính từ tâm vỏ cầu tại các miền:

a) $0 < r < r_1$

b) $r_1 < r < r_2$

c) $r > r_2$

Các kết quả tìm được sẽ thay đổi như thế nào khi đặt thêm một điện tích điểm +q tại tâm của vỏ cầu?

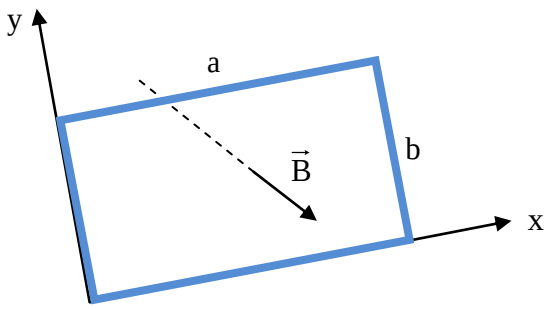
Câu II: (3 điểm)

Các định luật về cảm ứng điện từ: Phát biểu định luật, viết biểu thức.

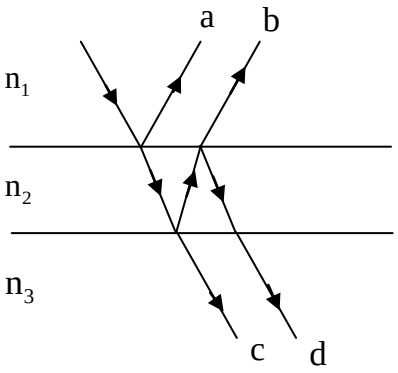
Áp dụng: Một khung dây dẫn mảnh hình chữ nhật có chiều dài a = 3cm và chiều rộng b = 2cm, được đặt vào trong một từ trường biến đổi, không đồng nhất, có phương vuông góc, hướng ra ngoài mặt phẳng của khung dây. Nếu chọn hệ trục tọa độ (x, y) có gốc tọa độ trùng với một đỉnh của khung dây (hình 1) thì biểu thức độ lớn của từ trường $B = 5t^2y^2$ với B tính ra Tesla, t tính ra giây và y tính ra mét.

a) Tìm biểu thức từ thông đi qua mặt phẳng của khung dây.

b) Tính độ lớn của suất điện động cảm ứng và chiều của dòng điện cảm ứng xuất hiện trong khung dây tại thời điểm t = 2,5s.



Hình 1



Hình 2

Câu III: (2 điểm)

Tia sáng đơn sắc có bước sóng trong chân không là λ, tới vuông góc với bề mặt của một lớp vật liệu mỏng, độ dày e, chiết suất n_2, nằm giữa hai lớp vật liệu (khá dày) chiết suất n_1 và n_3. Tìm biểu thức hiệu quang lộ giữa hai tia a và b trong ánh sáng phản xạ và hiệu quang lộ giữa hai tia c và d trong ánh sáng truyền qua trong trường hợp $n_1 < n_2 < n_3$ (hình 2). Có nhận xét gì về các kết quả tìm được? Trên hình vẽ, các tia sáng được vẽ xiên để nhìn cho rõ.

Áp dụng: Một lớp dầu mỏng, chiết suất $n_k = 1,2$; loang đều trên mặt biển phẳng lặng với độ dài e = 460nm. Nếu quan sát thẳng góc từ trên máy bay xuống lớp dầu, khi Mặt trời ở đỉnh đầu, các bước sóng nào trong vùng khả kiến sẽ phản xạ mạnh nhất? Nếu lúc đó quan sát từ thiết bị lặn ở dưới mặt biển thẳng góc lên lớp dầu trên mặt nước, các bước sóng nào trong vùng khả kiến sẽ truyền qua mạnh nhất? Chiết suất của nước biển là $n_s = 1,3$. Dải bước sóng vùng khả kiến từ 400nm đến 700nm.

Câu IV: (3 điểm)

Mô tả bố trí thí nghiệm nhiễu xạ Fraunhofer qua hai khe hẹp, song song, dài vô hạn, có độ rộng a, giãn cách khe d, trong trường hợp chùm sáng song song, đơn sắc, bước sóng λ, được chiếu vuông góc với mặt phẳng chứa hai khe. Viết biểu thức phân bố cường độ ánh sáng theo góc nhiễu xạ θ. Suy ra công thức tính vị trí cực đại và cực tiểu nhiễu xạ.

Áp dụng: Một chùm sáng song song, đơn sắc, bước sóng λ = 550nm, được chiếu vuông góc tới một màn chắn chứa hai khe hẹp, song song, dài vô hạn S_1 và S_2. Khoảng cách giữa các tâm khe là d = 0,15mm. Màn quan sát được đặt song song với mặt phẳng chứa hai khe và cách nó một khoảng D = 1,5m.

a) Với giả thiết hai khe S_1 và S_2 vô cùng hẹp, mô tả hiện tượng quan sát được trên màn. Tính khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp. Tính tỷ số cường độ sáng I_P/I_0 với I_P là cường độ sáng tại điểm P ở trên màn, nằm cách tâm hình giao thoa một khoảng $y_P = 14,5$mm và I_0 là cường độ sáng tại tâm của vân sáng chính giữa.

b) Trên thực tế, hai khe S_1 và S_2 không vô cùng hẹp mà có độ rộng a = 30μm. Mô tả hiện tượng quan sát được trên màn. Tính số vân sáng nằm trong miền trung tâm của bao hình nhiễu xạ. Tính tỷ số cường độ sáng I_3/I_0 với I_3 là cường độ sáng tại tâm của vân sáng bậc 3 và I_0 là cường độ sáng tại tâm của vân sáng chính giữa.

Lời giải:

Câu I:

** Định luật Gauss (hay Ostrogradsky – Gauss hay O – G) về trường tĩnh điện:*

HVT

2.6 Đề thi cuối kỳ phụ - hè năm 2014

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

ĐỀ THI KẾT THÚC HỌC KỲ PHỤ
HÈ NĂM 2014

Môn thi: Điện – Quang

Số tín chỉ: 3 *Đề số 1*

Dạng đề thi: Không được sử dụng tài liệu

Thời gian làm bài: 90 phút (không kể thời gian phát đề)

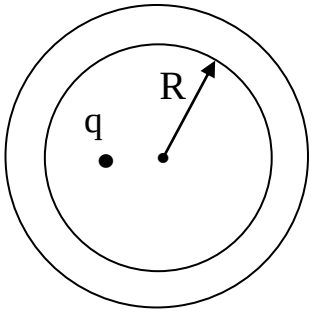
<u>Câu I:</u> (2,5 điểm)

a) Phát biểu và viết biểu thức của định luật Ostrogradsky – Gauss (O – G) trong điện trường.

b) Dùng định luật O – G để giải bài toán sau:

Trên hình 1 cho thấy tiết diện của một vỏ kim loại hình cầu với bán kính R. Một điện tích điểm q = +5μC được đặt ở khoảng cách R/2 đến tâm của vỏ. Nếu vỏ trung hòa điện. Tính điện tích (cảm ứng) ở mặt trong và mặt ngoài của nó. Các điện tích đó có phân bố đều không? Hình ảnh của đường sức điện trường ở trong và ngoài vỏ như thế nào?

Hình 1:



<u>Câu II:</u> (2,5 điểm)

a) Xác định từ trường của dòng điện thẳng có chiều dài hữu hạn là *l*, cường độ I chạy qua tại điểm P nằm trên đường trung trực của dây, cách nó một khoảng bằng R.

b) Một khung dây hình chữ nhật có các cạnh a và b, mang dòng điện I. Dùng kết quả của câu a, chứng minh rằng: từ trường B do dòng điện sinh ra tại tâm khung dây là:

$$B = \frac{2\mu_0 I(a^2 + b^2)^{1/2}}{\pi ab}$$

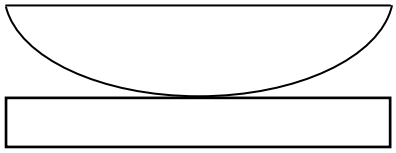
<u>Câu III:</u> (2,5 điểm)

Thiết bị dùng để quan sát vân tròn Newton được chiếu bằng ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ, thấu kính có bán kính là R_1 (hình 2):

a) Viết biểu thức hiệu quang lộ tại mặt cong của thấu kính của các tia phản xạ khi rọi vuông góc lên thấu kính chùm sáng song song có bước sóng λ.

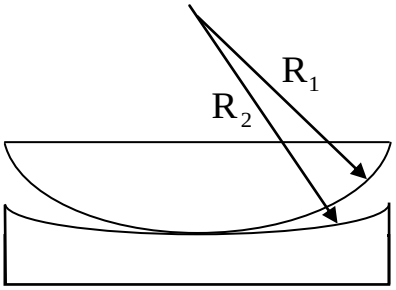
b) Tìm bề dày lớp không khí giữa thấu kính và tấm thủy tinh phẳng ứng với những vân tối và vân sáng.

c) Nếu đổ chất lỏng chiết suất n vào khoảng giữa thấu kính và tấm thủy tinh, đo được độ dày của lớp chất lỏng tại chỗ có vân tối thứ 4 là 720nm. Tính chiết suất của chất lỏng đó? Cho $\lambda = 480nm$.



Hình 2

d) Giả sử trong thiết bị Newton trên, tấm thủy tinh phẳng được thay bằng thấu kính lõm có bán kính $R_2 > R_1$, thấu kính R_1 được đặt trên mặt lõm của thấu kính R_2 (hình 3). Hãy xác định bán kính r_k của vân tối thứ k.



Hình 3

Câu IV: (2,5 điểm)

1) Hiện tượng nhiễu xạ là gì? Hãy phát biểu nguyên lý Hugen – Fresnel.

2) Chiếu chùm sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 550nm$ tới hai khe có độ rộng a = 0,03mm; khoảng cách giữa hai khe là d = 0,15mm. Màn quan sát đặt cách mặt phẳng chứa hai khe một khoảng D = 500mm.

a) Khoảng cách giữa các vân sáng kế tiếp nhau là bao nhiêu.

b) Tính khoảng cách từ cực đại chính giữa đến cực tiểu nhiễu xạ thứ nhất.

c) Tính tỷ số cường độ sáng giữa vân sáng thứ 3 và vân chính giữa.

Lời giải:

Câu I:

** Định luật Ostrogradsky – Gauss trong điện trường:*

Nội dung: Thông lượng điện trường gửi qua mặt kín S bất kỳ bằng tổng đại số các điện tích chứa trong mặt kín đó chia cho hằng số điện ε_0.

Biểu thức: $\phi_E = \oint_S \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n} q_i$

Trong đó: + S là mặt kín (còn gọi là mặt Gauss)

+ $\vec{E}$ là điện trường tại yếu tố diện tích dS.

+ $\overrightarrow{dS}$ là véctơ pháp tuyến của yếu tố diện tích dS và có độ lớn = dS

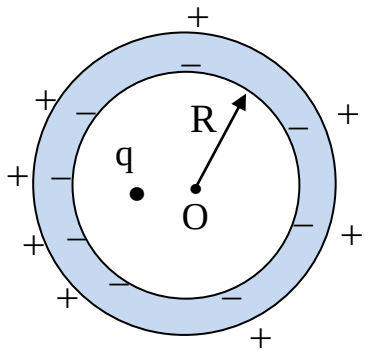
+ q_i là điện tích thứ i nằm trong mặt kín S.

** Áp dụng định luật O – G để giải bài toán:*

Đây là hiện tượng điện hưởng toàn phần.

+ Điện tích ở mặt trong của vỏ:

Vì vỏ làm bằng kim loại (vật dẫn) nên dù vỏ có tích điện hay không thì điện trường ở mặt trong của vỏ luôn bằng 0. Chọn mặt Gauss là mặt cầu S tâm O, bán kính R. Theo định lý O – G ta được:



$$\oint_S \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \frac{q + q_{trong}}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow 0 = \frac{q + q_{trong}}{\varepsilon_0}$$

$$\Leftrightarrow q + q_{trong} = 0 \Leftrightarrow q_{trong} = -q = -5 \quad (\mu C)$$

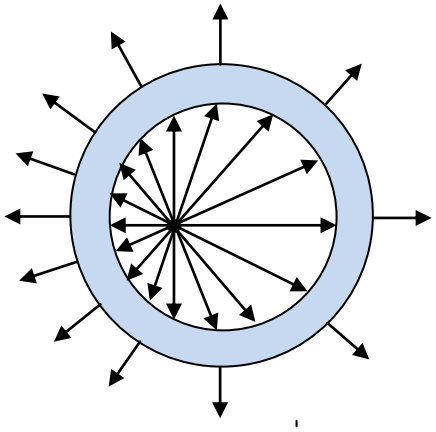
+ Điện tích ở mặt ngoài của vỏ:

Xét trên toàn bộ vỏ kim loại thì điện tích trung hòa (tổng điện tích dương bằng tổng điện tích âm). Khi đưa điện tích +q vào bên trong vỏ thì dưới tác dụng của lực tĩnh điện, các electrôn từ mặt ngoài di chuyển vào mặt trong của vỏ kim loại. Kết quả là mặt trong nhiễm điện –q và theo định luật bảo toàn điện tích, mặt ngoài sẽ nhiễm điện +q.

$\Rightarrow$ Điện tích của mặt ngoài là: $q_{ngoài} = 5$ (μC)

+ Do điện tích q đặt cách tâm vỏ cầu một khoảng bằng R/2 nên các electrôn phía gần điện tích q chịu tác dụng của lực tĩnh điện mạnh hơn phía ngược lại. Vì vậy, ở mặt trong vỏ cầu thì điện tích âm tập trung nhiều hơn ở phía gần q, ở mặt ngoài của vỏ cầu điện tích dương tập trung nhiều hơn ở phía gần q (hình vẽ).

+ Hình ảnh các đường sức điện trường:

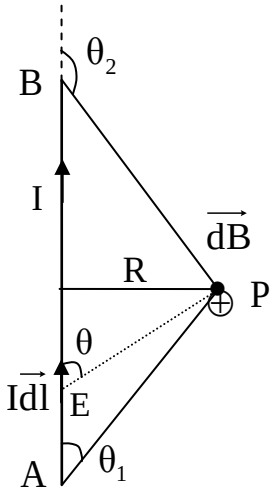


<u>Câu II:</u>

a) Xác định từ trường của dòng điện thẳng:

Giả sử đoạn dây có chiều dài AB = *l* và dòng điện có chiều từ dưới lên trên (như hình vẽ).

Cảm ứng từ tại điểm P gây ra bởi dòng điện thẳng AB được xác định bằng cảm ứng từ tổng hợp gây ra bởi các yếu tố dòng điện $\vec{Idl}$ trên dòng điện thẳng đó.



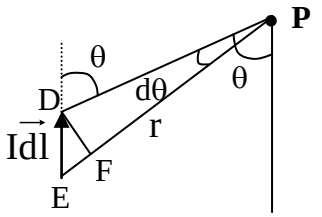
Cảm ứng từ tại P do yếu tố dòng điện $I\vec{dl}$ gây ra là một đại lượng véctơ $\overrightarrow{dB}$ được xác định theo định luật Biot – Savart – Laplace:

+ Có phương vuông góc với mặt phẳng chứa $\mathrm{I\vec{dl}}$ và $\overrightarrow{\mathrm{EP}}$

+ Có chiều sao cho $\mathrm{I\vec{dl}}$, $\overrightarrow{\mathrm{EP}}$ và $\overrightarrow{\mathrm{dB}}$ tạo thành một tam diện thuận (hình vẽ).

+ Độ lớn:

$$\mathrm{dB}=\frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{\mathrm{Idl}\sin\theta}{\mathrm{EP}^2} \quad \text{với } \theta=\left(\mathrm{I\vec{dl}},\ \overrightarrow{\mathrm{EP}}\right)$$



Tính độ dài của yếu tố vi phân dl theo góc θ:

Do độ dài dl vô cùng nhỏ nên có thể coi góc $\mathrm{DEF}=\theta$. Khi đó dl là cạnh huyền của tam giác DEF nên: $\mathrm{dl}=\dfrac{\mathrm{DF}}{\sin\theta}$

Mà góc dθ lại vô cùng nhỏ nên có thể coi DF là cung tròn của đường tròn tâm P bán kính EP. Khi đó: DF = EP.dθ

$$\Rightarrow \mathrm{dl}=\frac{\mathrm{EP}d\theta}{\sin\theta} \text{ . Mà } \mathrm{EP}=\frac{\mathrm{R}}{\sin\theta}\Rightarrow \mathrm{dl}=\frac{\mathrm{R}d\theta}{\sin^2\theta}$$

Vậy: $$\mathrm{dB}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\mathrm{Idl}\sin\theta}{\mathrm{EP}^2}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\mathrm{I}\sin\theta}{\dfrac{\mathrm{R}^2}{\sin^2\theta}}\frac{\mathrm{R}d\theta}{\sin^2\theta}=\frac{\mu_0\mathrm{I}}{4\pi\mathrm{R}}\sin\theta\, d\theta$$

Cảm ứng từ tại P do dòng điện thẳng gây ra là $\vec{\mathrm{B}}$:

$$\vec{\mathrm{B}}=\int\overrightarrow{\mathrm{dB}}$$

+ $\vec{\mathrm{B}}$ có điểm đặt tại P.

+ $\vec{\mathrm{B}}$ có phương và chiều trùng với phương và chiều của $\overrightarrow{\mathrm{dB}}$

+ Độ lớn:

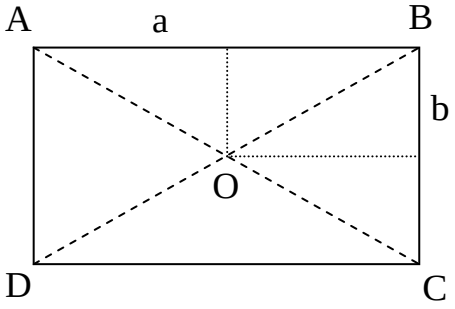
$$\mathrm{B}=\int\mathrm{dB}=\frac{\mu_0\mathrm{I}}{4\pi\mathrm{R}}\int_{\theta_1}^{\theta_2}\sin\theta\, d\theta=\frac{\mu_0\mathrm{I}}{4\pi\mathrm{R}}(-\cos\theta)\Big|_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$=\frac{\mu_0\mathrm{I}}{4\pi\mathrm{R}}\left(\cos\theta_1-\cos\theta_2\right)=\frac{\mu_0\mathrm{I}}{2\pi\mathrm{R}}\cos\theta_1 \text{ (vì hai góc phụ nhau)}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi R}\frac{l/2}{\sqrt{(l/2)^2 + R^2}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}\frac{l}{\sqrt{l^2 + 4R^2}}$$

b) Chứng minh từ trường do dòng điện chạy trong dây dẫn hình chữ nhật gây ra tại tâm HCN có độ lớn:

$$B = \frac{2\mu_0 I(a^2 + b^2)^{1/2}}{\pi ab}$$



Do tính chất đối xứng trục của HCN nên độ lớn từ trường do dòng điện chạy trong AB và CD gây ra là bằng nhau, do dòng chạy trong BC và DA gây ra cũng bằng nhau.

Từ trường do dòng chạy trong AB và CD gây ra:

$$B_{AB} = B_{CD} = \frac{\mu_0 I}{\pi b}\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

Từ trường do dòng chạy trong BC và DA gây ra:

$$B_{BC} = B_{DA} = \frac{\mu_0 I}{\pi a}\frac{b}{\sqrt{b^2 + a^2}}$$

$\Rightarrow$ Từ trường tổng hợp tại O:

$$B = B_{AB} + B_{CD} + B_{BC} + B_{DA} = 2B_{AB} + 2B_{BC}$$

$$= \frac{2\mu_0 I}{\pi b}\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} + \frac{2\mu_0 I}{\pi a}\frac{b}{\sqrt{b^2 + a^2}} = \frac{2\mu_0 I}{\pi ab}\frac{a^2}{\sqrt{a^2 + b^2}} + \frac{2\mu_0 I}{\pi ab}\frac{b^2}{\sqrt{b^2 + a^2}}$$

$$= \frac{2\mu_0 I}{\pi ab}\left(\frac{a^2}{\sqrt{a^2 + b^2}} + \frac{b^2}{\sqrt{b^2 + a^2}}\right) = \frac{2\mu_0 I}{\pi ab}\sqrt{a^2 + b^2}$$

Vậy:

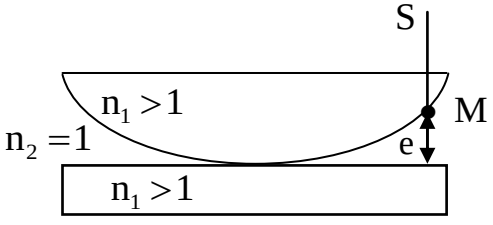
$$B = \frac{2\mu_0 I(a^2 + b^2)^{1/2}}{\pi ab}$$ (điều phải chứng minh)

<u>Câu III:</u>

a) Viết biểu thức hiệu quang lộ tại mặt cong của thấu kính của các tia phản xạ khi rọi vuông góc:

Giả sử khoảng không gian giữa thấu kính và bản thủy tinh là không khí ($n_2 = 1$).

Tia sáng đi từ nguồn tới điểm M thì tách thành hai. Một tia phản xạ, một tia khúc xạ vào không khí rồi lại phản xạ trên bề mặt bản thủy tinh. Hai tia gặp nhau và giao thoa tại M.



+ Quang lộ của tia thứ nhất: $L_1 = 0$

+ Quang lộ của tia thứ hai: $L_2 = 2e + \frac{\lambda}{2}$ (cộng thêm λ/2 do phản xạ trên bề mặt môi trường chiết quang hơn, e là khoảng cách từ M đến bản thủy tinh)

$\Rightarrow$ Hiệu quang lộ giữa hai tia: $\delta = L_2 - L_1 = 2e + \frac{\lambda}{2}$

b) Bề dày lớp không khí ứng với vân sáng và vân tối:

+ Bề dày lớp không khí ứng với vân sáng (giao thoa cực đại):

$$\delta = k\lambda \Leftrightarrow 2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$$\Leftrightarrow e = \left(k - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2} \qquad (k = 1, 2, 3,\ldots)$$

+ Bề dày lớp không khí ứng với vân tối (giao thoa cực tiểu):

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow 2e + \frac{\lambda}{2} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$\Leftrightarrow e = k\frac{\lambda}{2} \qquad (k = 0, 1, 2, 3,\ldots)$$

c) Khoảng không gian giữa thấu kính và bản thủy tinh là chất lỏng có chiết suất n, tính chiết suất của chất lỏng:

Khi đổ chất lỏng chiết suất n vào khoảng không gian ở giữa thì hiệu quang lộ giữa hai tia thay đổi thành:

$$\delta = L_2 - L_1 = 2ne + \frac{\lambda}{2} \qquad (*)$$

(công thức này đúng cho cả trường hợp chiết suất của chất lỏng đổ vào có giá trị lớn hơn hay nhỏ hơn chiết suất của thủy tinh)

Độ dày của chất lỏng ứng với vân giao thoa cực tiểu (vân tối):

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow 2ne + \frac{\lambda}{2} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$\Leftrightarrow e = \frac{k\lambda}{2n}$$

Vân tối thứ 4 ứng với k = 4. Ta có:

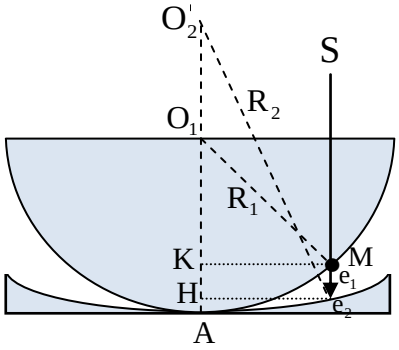
$$e = \frac{4\lambda}{2n} \Leftrightarrow n = \frac{2\lambda}{e} = \frac{2.480.10^{-9}}{720.10^{-9}} = 1,33$$

Chú ý: Khi phản xạ trên bề mặt của môi trường chiết quang hơn, quang lộ có thể cộng thêm hoặc trừ đi một lượng λ/2 nên công thức (*) có thể bằng 2ne – λ/2. Nếu sử dụng

công thức này, khi tính độ dày ứng với vân tối bậc 4 phải cho k = 3. Cuối cùng vẫn có một kết quả duy nhất của chiết suất n.

d) Thay bản thủy tinh phẳng bằng thấu kính lõm bán kính $R_2 > R_1$. Xác định bán kính r_k của vân tối thứ k:

Giả sử khoảng không gian giữa mặt lồi của của thấu kính trên và mặt lõm của thấu kính dưới là không khí ($n_2 = 1$). Ánh sáng từ nguồn S đi vuông góc với mặt thấu kính trên và đến M tách thành hai tia: tia phản xạ thứ nhất tại M với quang lộ bằng 0, tia thứ hai đi vào không khí và phản xạ tại mặt lõm của thấu kính dưới. Hai tia gặp nhau và giao thoa tại M. Quang lộ của tia thứ hai là:



$$L_2 = 2(e_1 - e_2) + \frac{\lambda}{2}$$ (cộng thêm λ/2 vì phản xạ trên bề mặt chiết quang hơn)

Trong đó: e_1 là khoảng cách từ M đến mặt phẳng nằm ngang ($e_1 = KA$) và e_2 là khoảng cách từ mặt lõm đến mặt phẳng nằm ngang ($e_2 = HA$)

Ta có:

$$e_1 = KA = O_1A - O_1K = R_1 - \sqrt{R_1^2 - r^2}$$

$$\Leftrightarrow R_1 - e_1 = \sqrt{R_1^2 - r^2} \Leftrightarrow R_1^2 - 2R_1e_1 + e_1^2 = R_1^2 - r^2 \Leftrightarrow 2R_1e_1 - e_1^2 = r^2$$

(Ta có thể bỏ qua đại lượng vô cùng bé bậc hai e_1^2 bên cạnh các đại lượng khác).

$$\Leftrightarrow e_1 = \frac{r^2}{2R_1}$$

Tương tự, ta cũng có:

$$e_2 = \frac{r^2}{2R_2}$$

Thay giá trị e_1 và e_2 vào biểu thức hiệu quang lộ của hai tia phản xạ ta được:

$$\delta = 2\left(\frac{r^2}{2R_1} - \frac{r^2}{2R_2}\right) + \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2(R_2 - R_1)}{R_1R_2} + \frac{\lambda}{2}$$

+ Để tại M là vân tối thì:

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow \frac{r_k^2(R_2 - R_1)}{R_1R_2} + \frac{\lambda}{2} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$\frac{r_k^2(R_2 - R_1)}{R_1R_2} = k\lambda \Leftrightarrow r_k = \sqrt{\frac{k\lambda R_1R_2}{R_2 - R_1}} \quad (1) \quad (k = 1, 2, 3,..)$$

Từ công thức (1) ta có thể thấy khi mặt dưới là mặt phẳng ($R_2 = \infty$) thì bán kính vân tối thứ k:

$$r_k = \sqrt{\frac{k\lambda}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}} = \sqrt{R_1 k\lambda}$$ (đúng với công thức đã biết)

+ Để tại M là vân sáng thì:

$$\delta = k\lambda \Leftrightarrow \frac{r_k^2(R_2 - R_1)}{R_1 R_2} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$$\frac{r_k^2(R_2 - R_1)}{R_1 R_2} = \left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda \Leftrightarrow r_k = \sqrt{\frac{(k - 1/2)\lambda R_1 R_2}{R_2 - R_1}}$$ (k = 1, 2, 3,…)

Trên hình ảnh giao thoa: ở chỗ tiếp xúc giữa hai thấu kính là 1 điểm tối, tiếp đến là vân sáng bậc 1, vân tối bậc 1,…

Câu IV:

1) Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng, nguyên lý Hugen – Fresnel:

- Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng: Hiện tượng tia sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng khi đi gần các chướng ngại vật (vật nhiễu xạ) được gọi là hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng. Thực chất của nhiễu xạ chính là giao thoa của vô số nguồn.

- Nguyên lý Hugen – Fresnel:

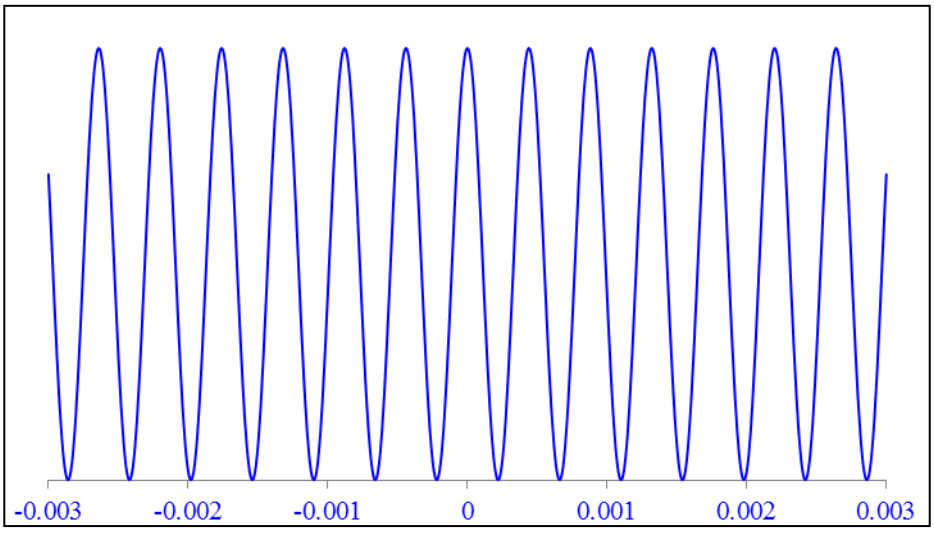
+ Bất kỳ một điểm nào mà ánh sáng truyền đến đều trở thành nguồn phát sóng cầu thứ cấp về phía trước (nguyên lý Hugen).

+ Biên độ và pha ban đầu của nguồn thứ cấp là biên độ và pha của nguồn thực gây ra tại vị trí của nguồn thứ cấp (bổ đề Fresnel).

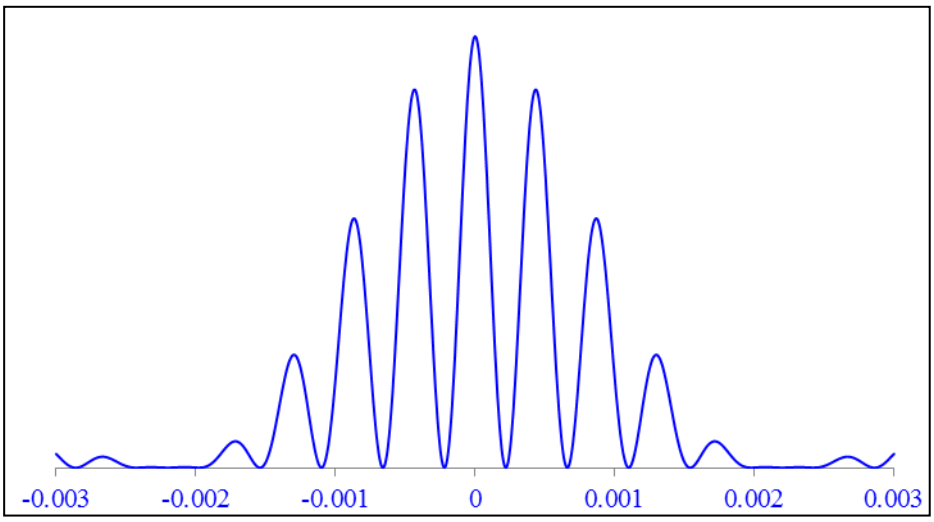
2) Chùm sáng đơn sắc λ = 550nm; a = 0,03mm; d = 0,15mm; D = 500mm:

Nhiễu xạ qua hai khe thực chất là chồng chất của hai hiện tượng: giao thoa qua hai khe vô cùng hẹp, nhiễu xạ qua 1 khe độ rộng a. Trong đó, nhiễu xạ qua 1 khe đã làm phân bố lại cường độ sáng từ giao thoa qua hai khe: tại những góc θ sao cho $\sin\theta = k\lambda/a$ thì hiện tượng nhiễu xạ đã "đè" hiện tượng giao thoa xuống tới mức cực tiểu, tại những vân sáng giao thoa gần đỉnh bao hình nhiễu xạ thì cường độ sáng được tăng cường. Vân sáng chính giữa có cường độ cực đại.

Có thể tham khảo hình ảnh giao thoa qua hai khe vô cùng hẹp (khi chưa xét nhiễu xạ qua 1 khe):



Khi có sự chồng chất thêm nhiễu xạ qua 1 khe thì hình ảnh sẽ thành:



a) Khoảng cách giữa các vân sáng kế tiếp nhau:

Khoảng cách này chính là khoảng cách giữa các vân sáng liên tiếp trong trường hợp chỉ có giao thoa qua hai khe vô cùng hẹp (tức là chưa xét đến độ rộng khe).

$$i = \frac{\lambda D}{d}$$ (công thức này được lấy xấp xỉ từ công thức $\sin\theta = \lambda/d$)

$$\Leftrightarrow i = \frac{550.10^{-9}.500.10^{-3}}{0{,}15.10^{-3}} = 1{,}83.10^{-3} \quad (m)$$

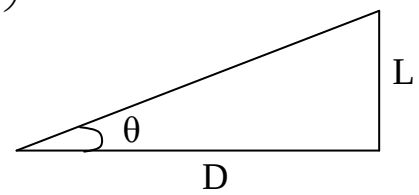
b) Khoảng cách từ cực đại chính giữa đến cực tiểu nhiễu xạ thứ nhất:

Khoảng cách này chính bằng vị trí của cực tiểu nhiễu xạ thứ nhất trên màn:

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a}$$ (với θ là góc ứng với cực tiểu nhiễu xạ thứ 1, a là độ rộng của một khe. Vì θ rất nhỏ nên có thể sử dụng công thức xấp xỉ: $\tan\theta = \lambda/a$)

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\lambda}{a}\right) = \arcsin\left(\frac{550.10^{-9}}{0{,}03.10^{-3}}\right) = 1{,}05^0$$

$\Rightarrow$ *Khoảng cách cần tìm là:*



$L = D.\tan\theta$

$= 500.10^{-3}.\tan(1{,}05^0)$

$= 9{,}16.10^{-3}$ (m) = 9,16 (mm)

c) Tỷ số cường độ sáng giữa vân sáng bậc 3 và vân sáng chính giữa:

Cường độ sáng tại vị trí góc θ theo cường độ sáng trung tâm là:

$$I_\theta = I_0 \frac{\sin^2 u}{u^2}\cos^2 v$$

Với I_θ là cường độ sáng ứng với góc nhiễu xạ θ, I_0 là cường độ tại vân sáng trung tâm và:

$$u = \frac{\pi}{\lambda} a\sin\theta\,;\ v = \frac{\pi}{\lambda} d\sin\theta$$

Vân sáng bậc 3 ứng với: $\sin\theta = 3\frac{\lambda}{d}$

Do đó, tỷ số cần tìm là:

$$\frac{I_3}{I_0} = \frac{\sin^2\frac{3\pi a}{d}}{\left(\frac{3\pi a}{d}\right)^2}\cos^2 3\pi = \frac{\sin^2\frac{3\pi a}{d}}{\left(\frac{3\pi a}{d}\right)^2}$$

(Khi d >> a thì tỷ số $I_3/I_0 \to 1$)

2.7 Đề thi cuối kỳ I năm học 2014 – 2015

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

ĐỀ THI KẾT THÚC HỌC KỲ I
NĂM HỌC 2014 – 2015

Môn thi: Điện – Quang

Dạng đề thi: Không được sử dụng tài liệu

Thời gian làm bài: 90 phút (không kể thời gian phát đề)

<u>Câu I:</u> (điểm)

HVT

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Tôn Tích Ái**, *Điện và Từ*, NXB ĐHQGHN.

2. **Nguyễn Thế Bình**, *Quang học*, NXB ĐHQGHN.

3. **Tôn Tích Ái**, *Cơ sở vật lý*, tập 2 – Điện từ học, Quang học; NXB Văn hóa dân tộc.

4. **David Halliday – Robert Resnick – Jearl Walker,** *Cơ sở vật lý*, tập 4 – Điện học, NXB Giáo dục Việt Nam.

5. **David Halliday – Robert Resnick – Jearl Walker,** *Cơ sở vật lý*, tập 6 – Quang học và Vật lý lượng tử, NXB Giáo dục Việt Nam.

6. **Lương Duyên Bình – Dư Trí Công – Nguyễn Hữu Hồ,** *Vật lý đại cương*, tập 2 – Điện, Dao động, Sóng; NXB Giáo dục.

7. **Lương Duyên Bình** (chủ biên), *Vật lý đại cương*, tập 3 phần 1 – Quang học, Vật lý nguyên tử và hạt nhân; NXB Giáo dục Việt Nam.

8. **Nguyễn Ngọc Long** (chủ biên), *Vật lý học đại cương*, tập 2 – Điện học & Quang học, NXB ĐHQGHN.

9. **Nguyễn Viết Kính – Bạch Thành Công – Phan Văn Thích**, *Vật lý học đại cương*, tập 2 – Điện học và Quang học, NXB ĐHQGHN.

Các môn học khác (dạng file):

Hoàng Văn Trọng

1. *Bài tập kinh tế học chính trị Mác Lênin.*
2. *Microsoft Excel 2013.*
3. *Ngôn ngữ lập trình C.*
4. *Cơ – Nhiệt.*
5. *Xác suất – Thống kê.*
6. *Ôn thi cao học: Toán cao cấp 1, 2, 3*

Link download:

https://www.facebook.com/photo.php?fbid=726846110706551&set=a.606008589456971.1073741830.100001435053393&type=1&relevant_count=1